

S-NAP PCB Suite 紹介資料

株式会社 エム・イー・エル

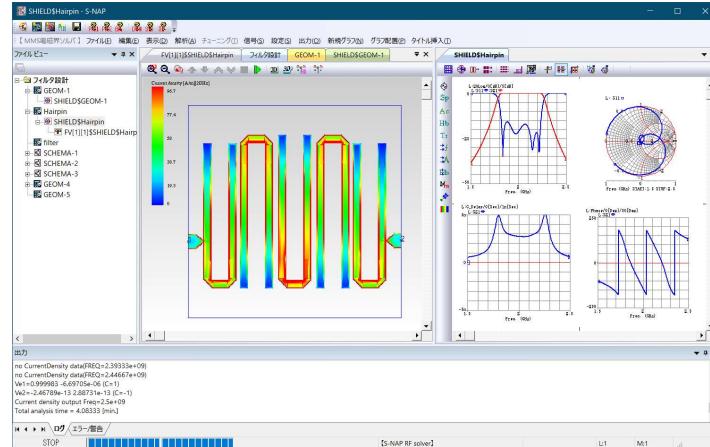
2025/8

製品紹介

• S-NAP Wireless Suite(1991～)

高周波・マイクロ波EDAツール(高精度)

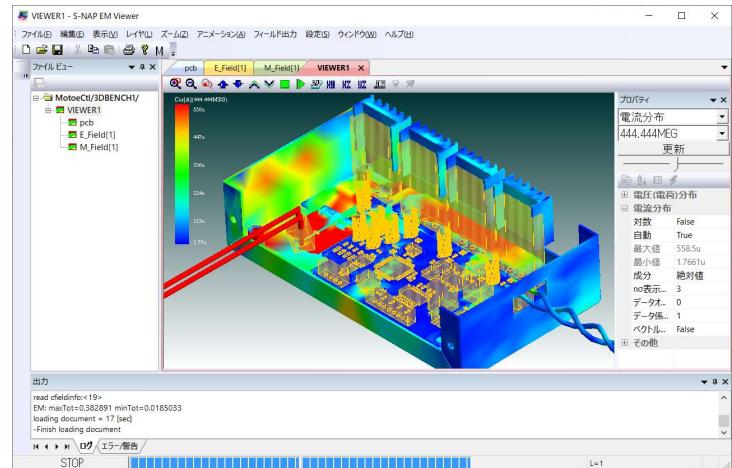
- ・高周波回路シミュレータ
- ・高周波回路自動設計ツール
- ・プリント板用電磁界シミュレータ(モーメント法)
- ・3次元電磁界シミュレータ(モーメント法)



• S-NAP PCB Suite(2009～)

3D-EMC電磁界シミュレータ(大規模)

- ・静電ノイズ、伝導ノイズ解析
- ・EMC イミュニティ、エミッションの解析
(モーメント法)



※S-NAP/Wirelessと/PCBは同じモーメント法電磁界解析エンジンを用いています、

S-NAP/Wireless: Full waveで高精度の解析を行うように設定されています

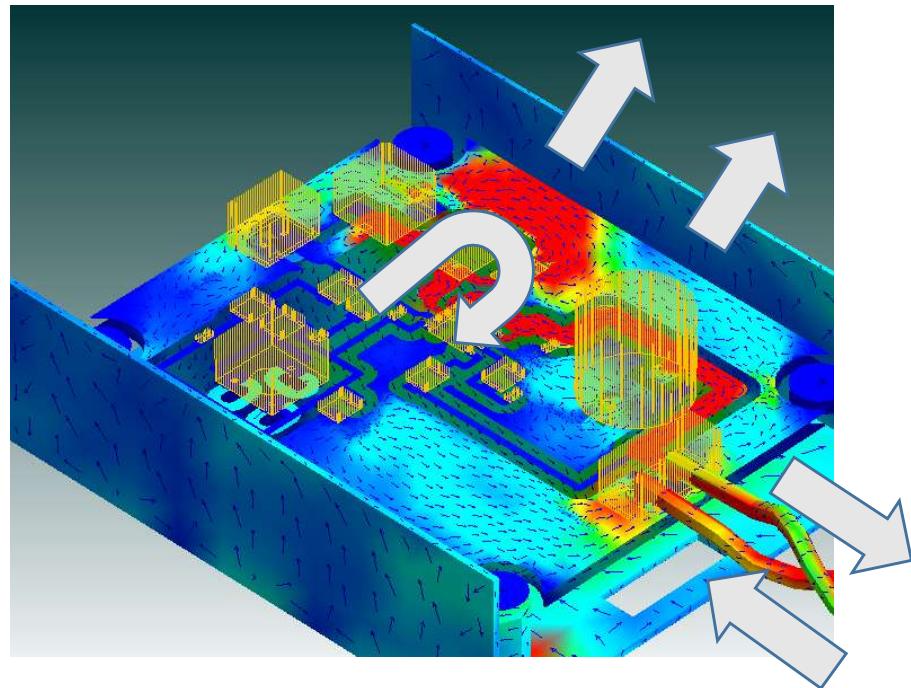
S-NAP/PCB: 精度を若干下げて大規模解析が行えるように設定されています

EMC解析の要素

- 1) プリント板内の電磁界結合
- 2) 回路動作に伴うノイズ
- 3) 筐体の電磁界特性
- 4) プリント基板と筐体の結合
- 5) 外部接続ワイヤへの漏洩
- 6) ノイズ抑制素子の効果

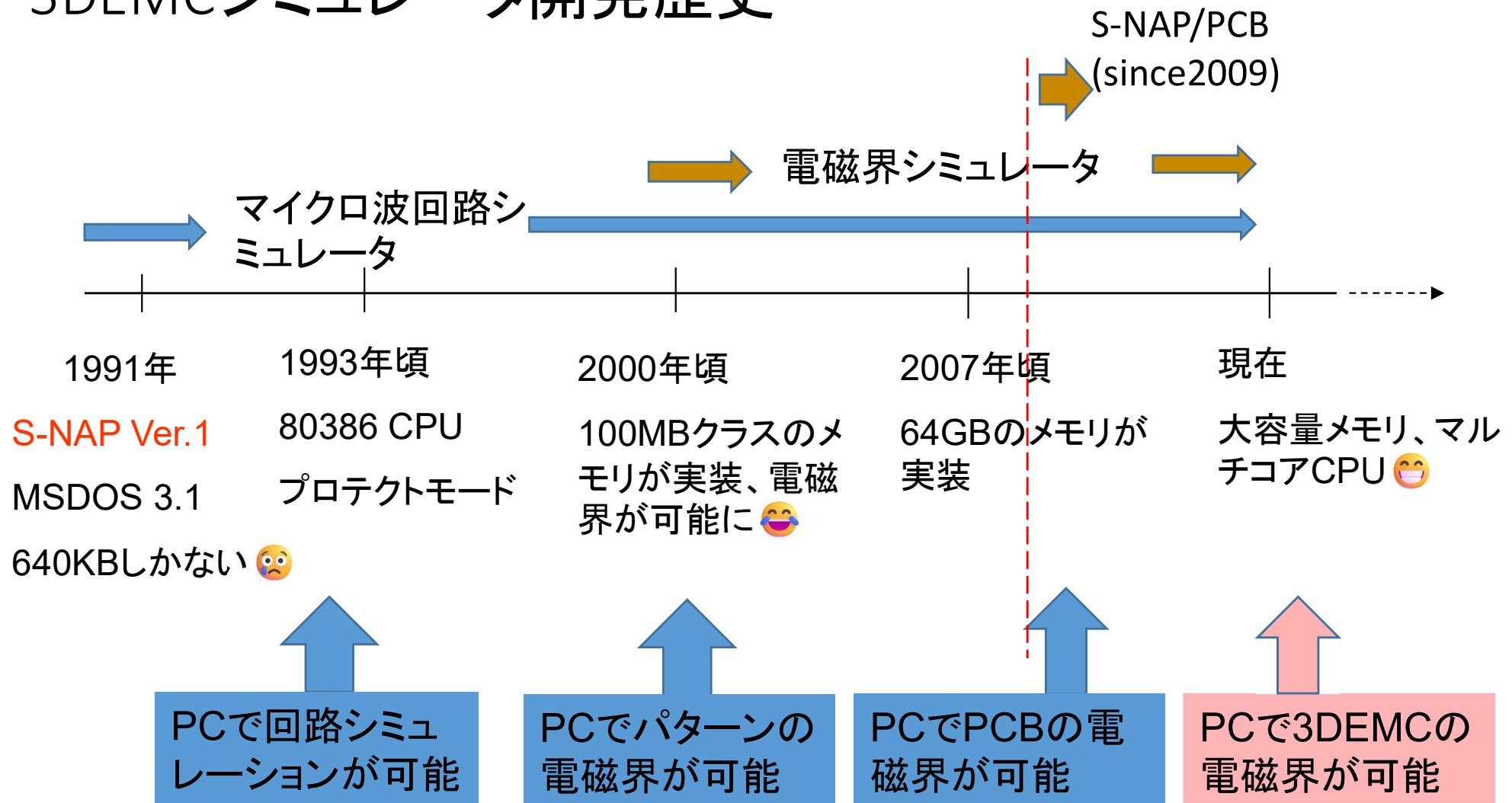
- 7) プリント基板からの放射
- 8) 筐体からの放射
- 9) 外部接続ワイヤからの放射

- 10) プリント基板への外来波入射
- 11) 筐体への入射
- 12) 外部接続ワイヤからのノイズ



回路動作時の端子電圧、電流値をもとに電磁界解析を行う必要がある

3DEMCシミュレータ開発歴史



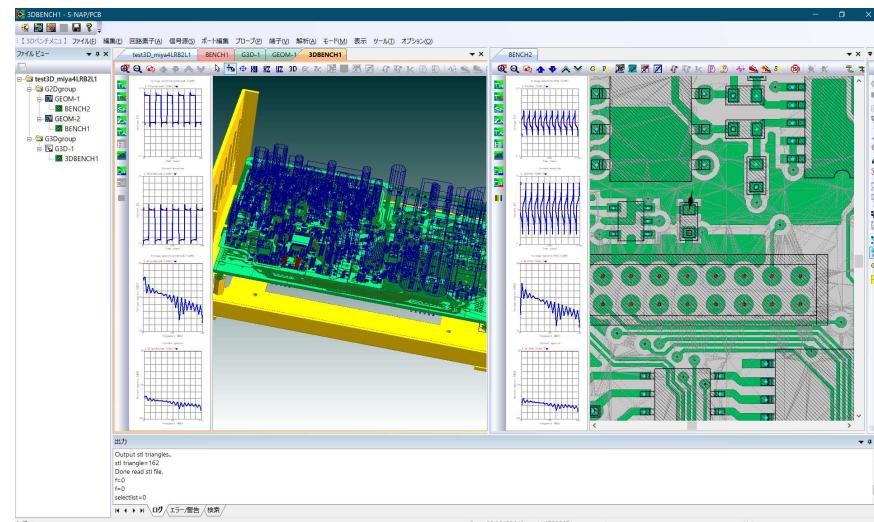
※基板、筐体や周辺を含めての大規模解析はコンピュータの性能に大きく依存するが、近年の大規模メモリとマルチコアによるPCIリソースは、3次元EMC解析を具現化し始めている

S-NAP PCB Suiteの概要

S-NAP® PCB Suite®は、3次元図形上に実装基板、筐体、ワイヤなどを組み合わせてモーメント法による電磁界解析を行い、各部の電気的特性解析や電圧分布を可視化できるシミュレーションソフトウェアです。

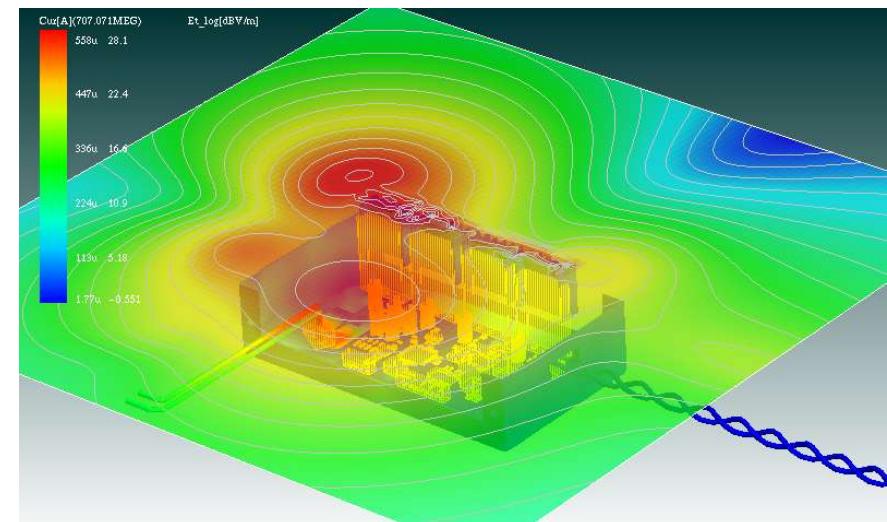
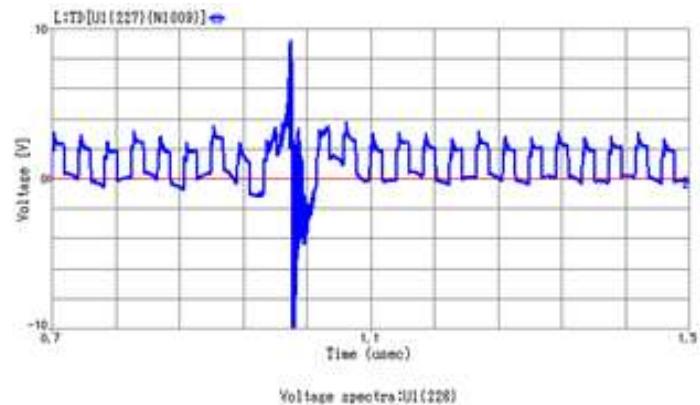
複数基板、筐体、ワイヤ、放熱板、フェライト等を含んだ電磁界解析が可能

- ・静電ノイズ解析
- ・スイッチング解析(基板上のトランジエント解析)
- ・伝導ノイズ解析
- ・インピーダンス解析
- ・SI解析
- ・放射解析
- ・入射波解析(RFノイズ)
- ・近傍電磁界表示、遠方界表示



3次元ベンチ

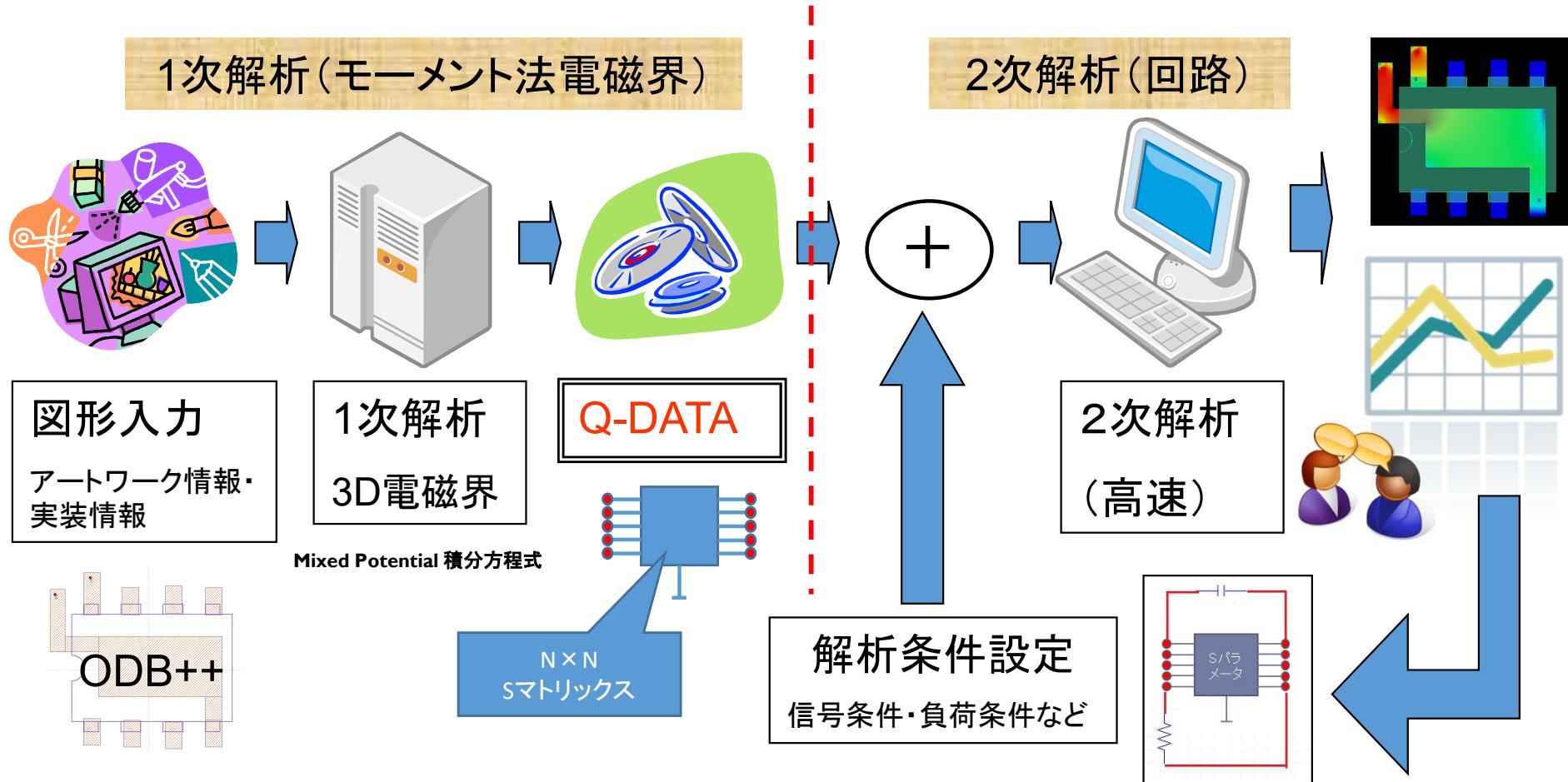
2次元ベンチ



近傍電界分布

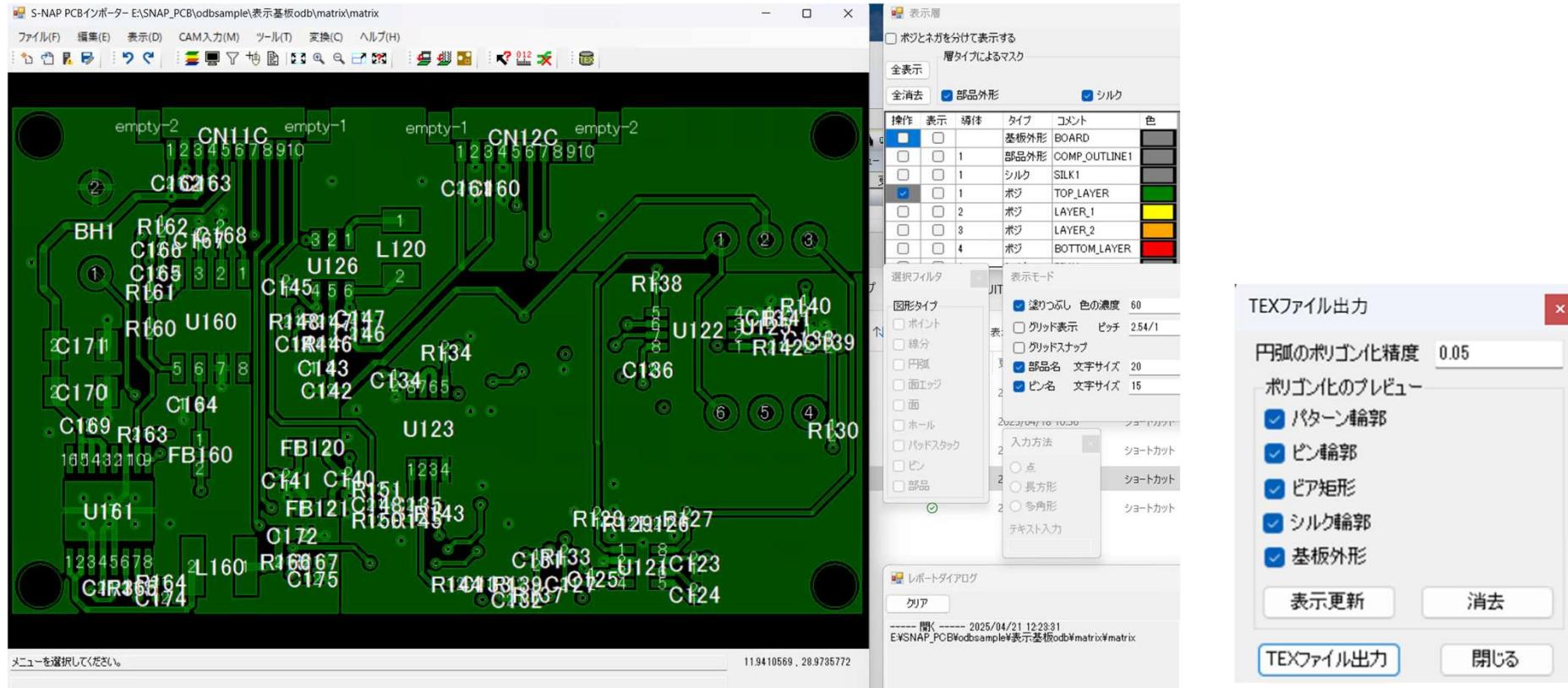
S-NAP PCB Suiteの構造

ソフトウェア構造は、図のように1次解析部分(電磁界)と2次解析部分(ベンチ)に分かれています。1次解析は、素子端子をポートに置き換え基板全体のSパラメータを電磁界解析により求めます。2次解析では1次解析で得られたSパラをコアにして、端子に素子を接続し回路解析を行います。これにより実装状態での基板解析を可能にし、素子定数の変更等も容易にしています。



ODB++ファイル読み込み→TEXファイル出力

「ガーバー_ODB変換」を用いて、
ODBファイルを読み込み、S-NAP/PCBが読み込み可能なTEXファイル形式に変換する

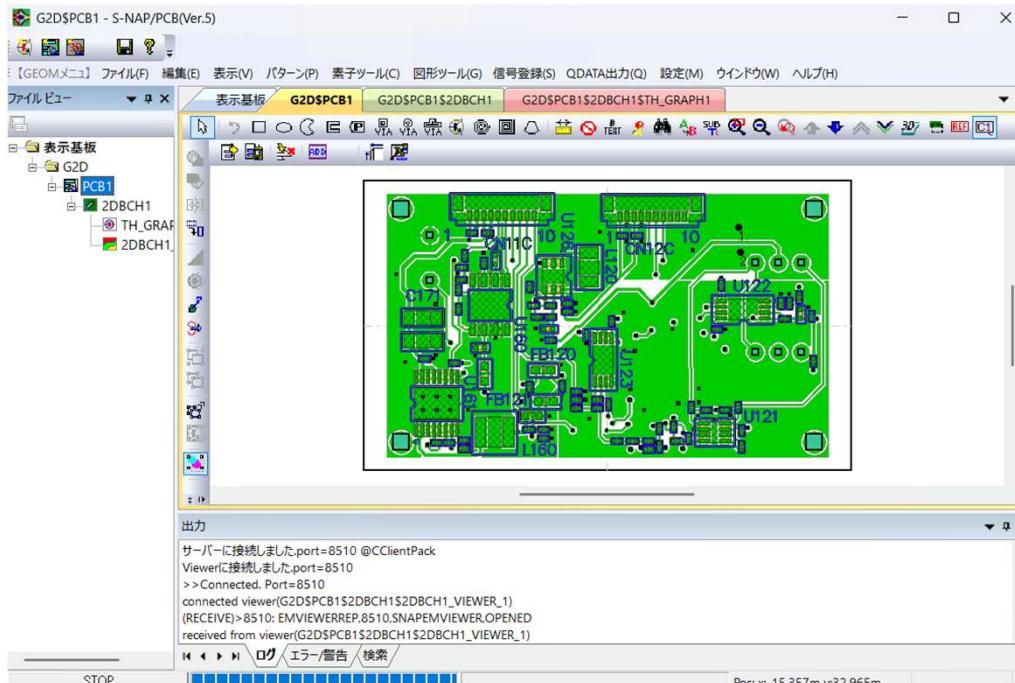


ODB++ファイルコンバータ

TEXファイル出力時間:2,3秒

TEXファイル読み込み、導体、誘電体等の設定

TEXファイルを読み込み、誘電体設定、層構成、導体設定、部品設定を行う



①TEXファイルを読み込む



②層構成を設定



③導体情報を設定



④部品情報を設定

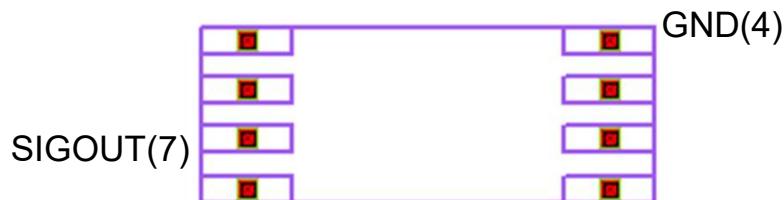
C120,0.1u,
C121,0.1u,
C130,0.1u,
C122,0.1u,
C126,0.1u,
C128,0.1u,
C129,0.1u,
C170,10u,
C171,1u,
R120,100,
R121,100,
R122,100,
R131,100,
R123,100,
U124 \$default.

CSV形式の部品表

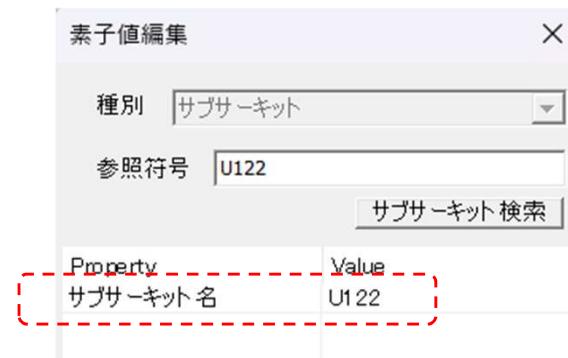
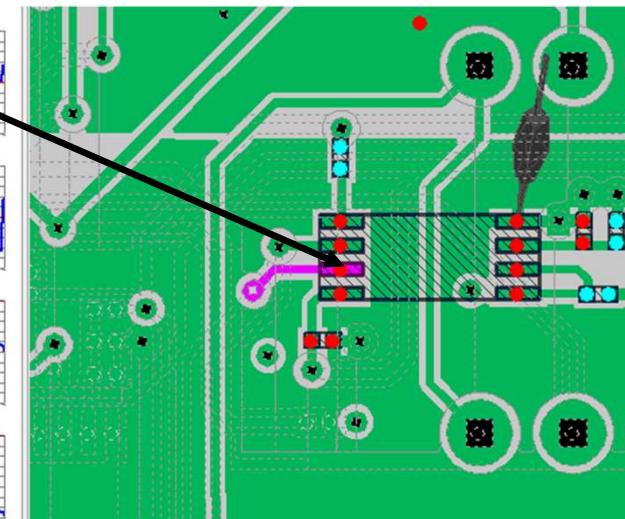
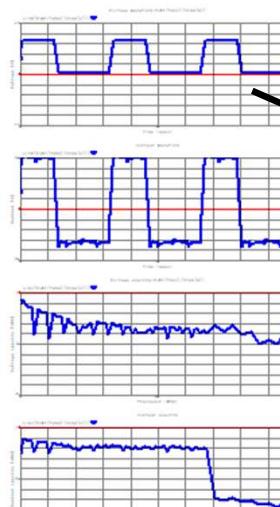
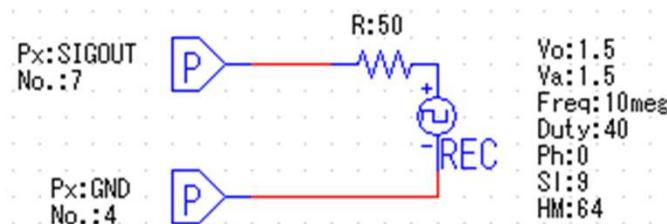
サブサーキットの設定

S-NAP/PCBの素子は、L,C,R以外はサブサーキットとして扱います、
コネクタやICなどは必要に応じて内部回路を設定します

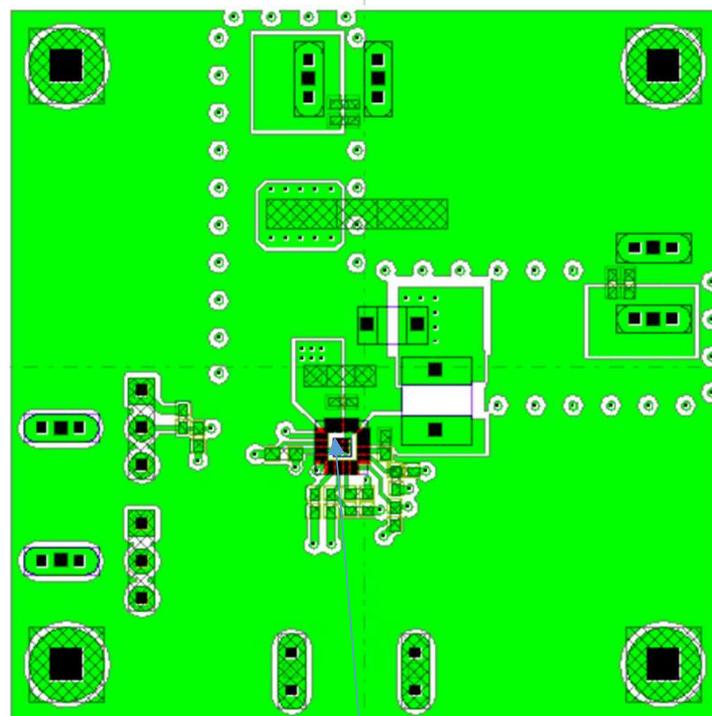
例えば、U122の7番ピンから信号が出力されている場合、図のようなサブサーキットを作成しU122に設定すると、7番ピンから信号が出力されます



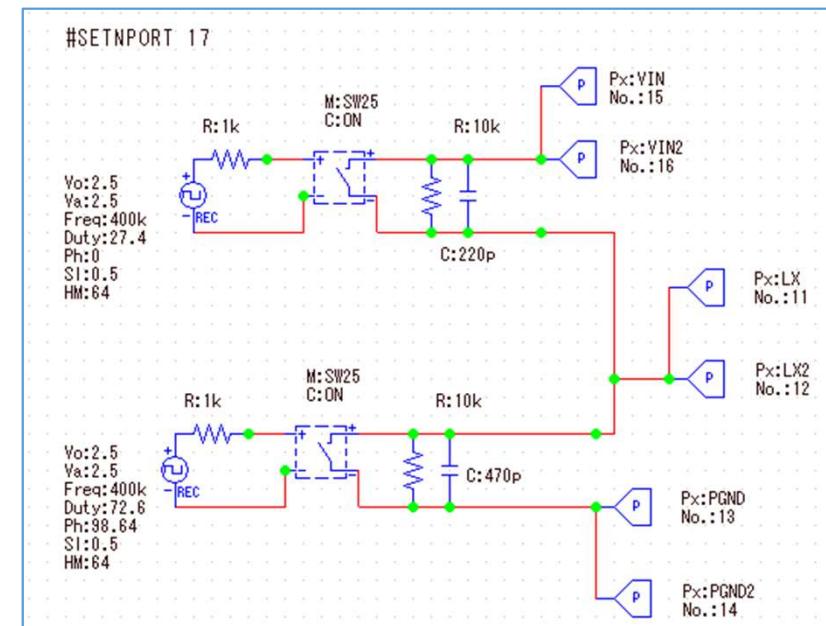
#SETNPORT 8



スイッチング素子のサブサーキット例



スイッチングIC
400kHz



スイッチングICのサブサーキット

膨大な端子数への対応

1) 大規模な端子数

5000ピン、10000ピンある場合
端子特性をどう計算するか？



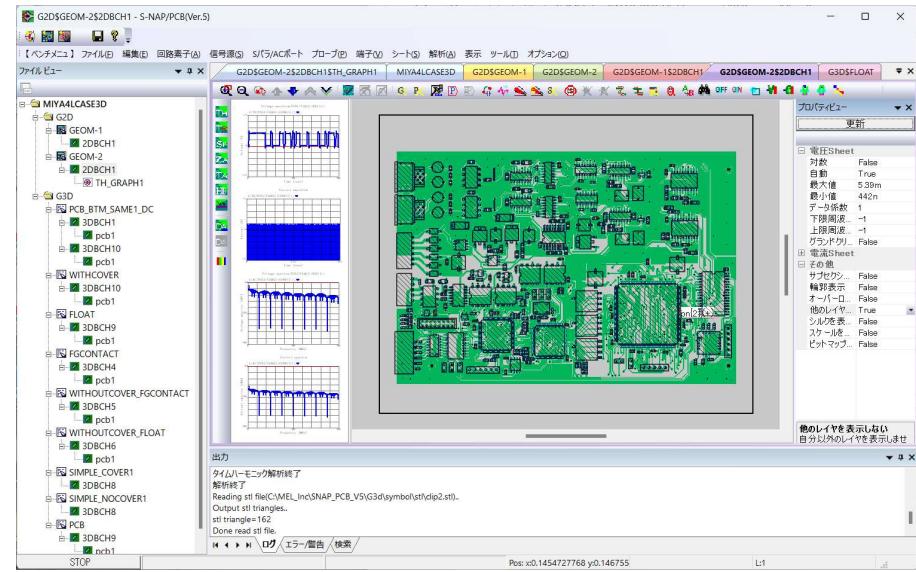
全端子をSパラポートにすると、
1700×1700のSパラデータになる



アクティブポート/パッシブポートに分ける

- ・アクティブポート：信号の入力や素子の接続を行うことが可能な端子で、入出力可能なポート
- ・パッシブポート：電圧と電流を観測するのみのポート

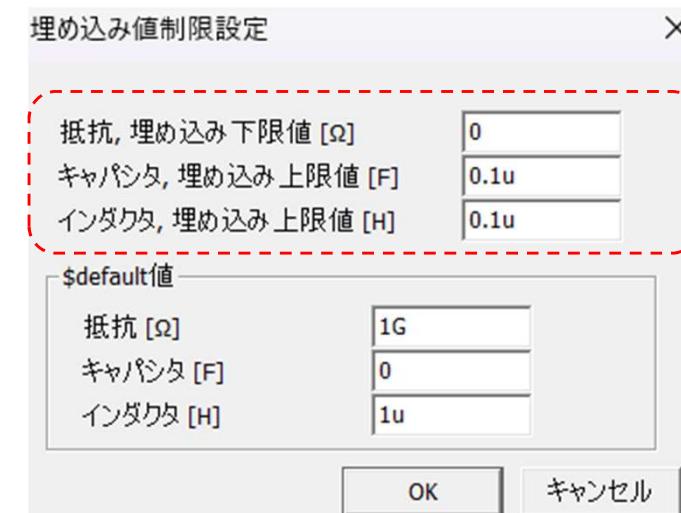
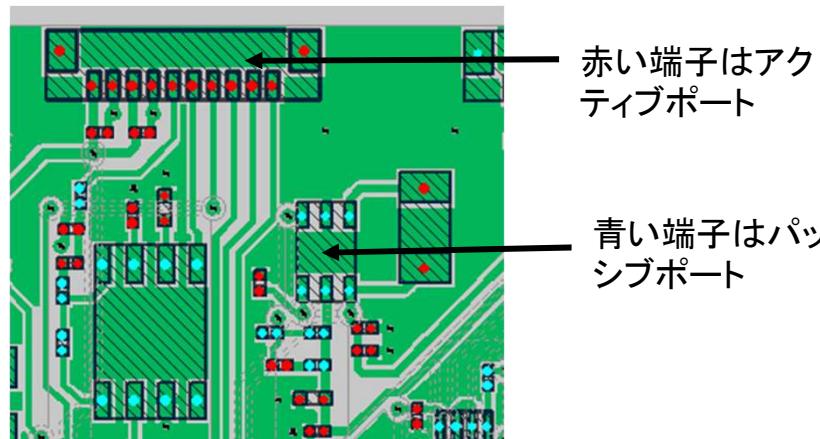
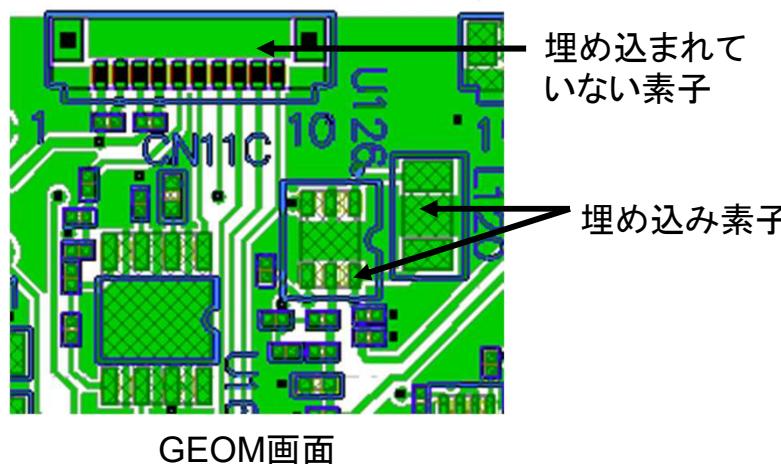
大規模基板においても全端子電圧電流の観測を行うことが可能



この程度の基板でも1700ピン

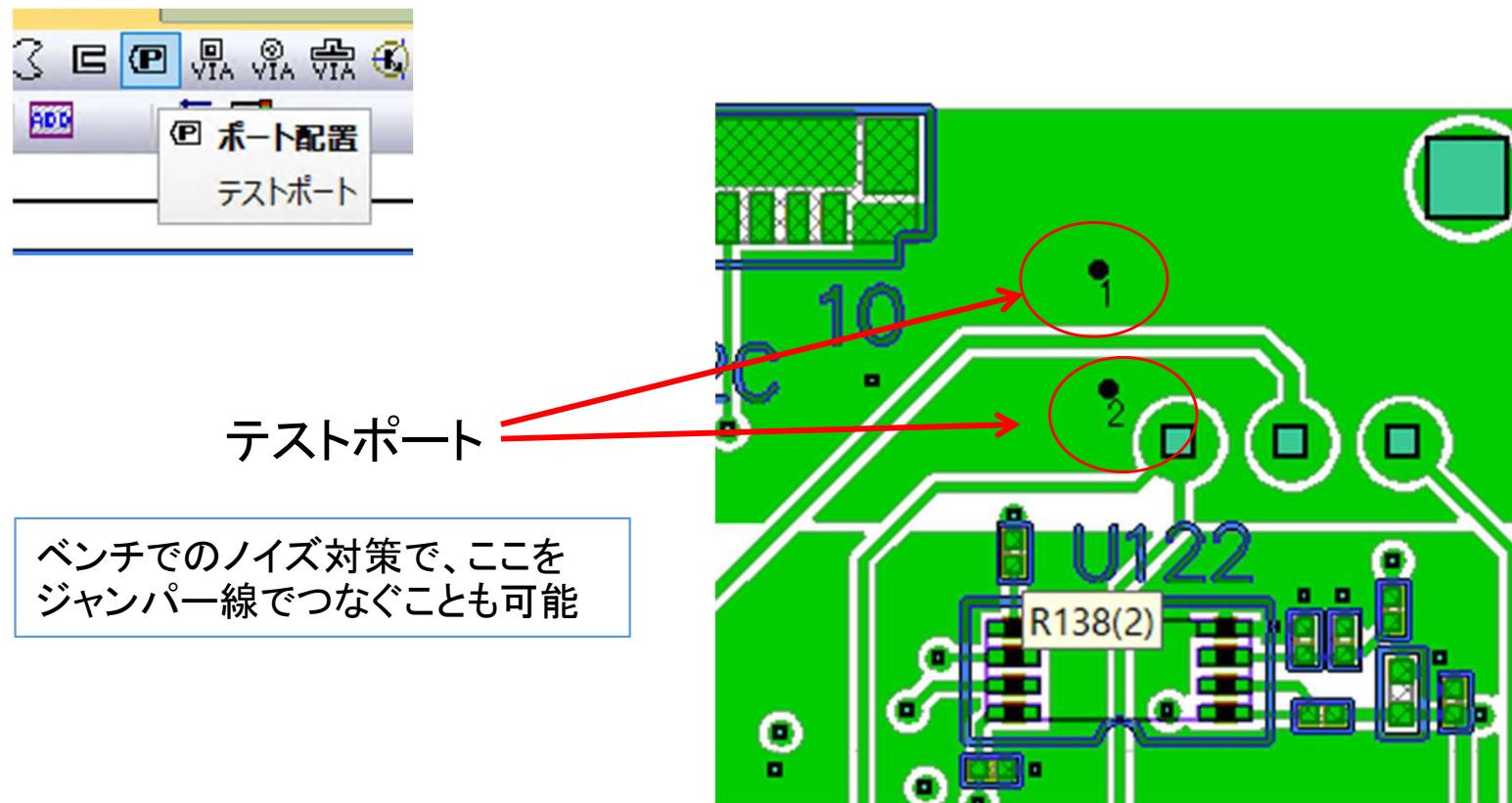
素子の埋め込み設定

大規模基板において処理を軽くするために、アクティブポートとパッシブポートに分類する手法を採用しています。アクティブポートは、信号の入力や素子の接続を行うことが可能な端子で、いわゆる入出力可能なポートです。一方、パッシブポートは、電圧と電流を観測するのみのポートになります。素子を埋め込むことで端子はパッシブポートになります



内部ポート設定

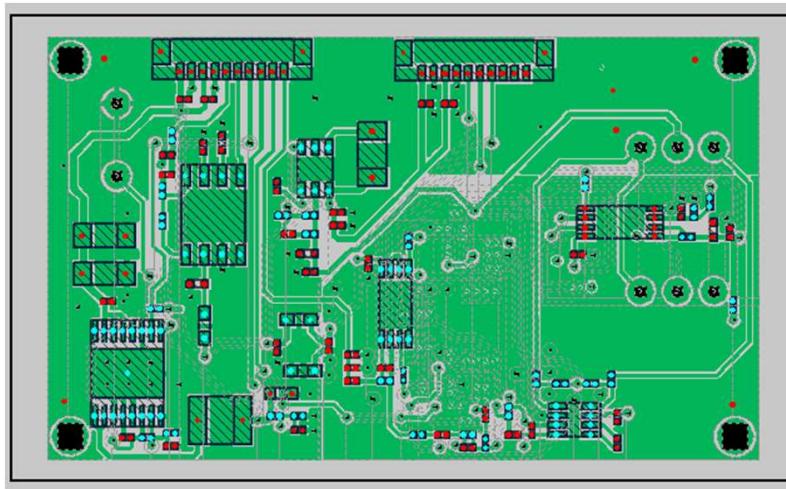
素子端子以外の部分で作業する必要がある場合は、テストポートを設定します、
テストポートはベンチ上でジャンパーやLCR、信号源を取り付けることができます



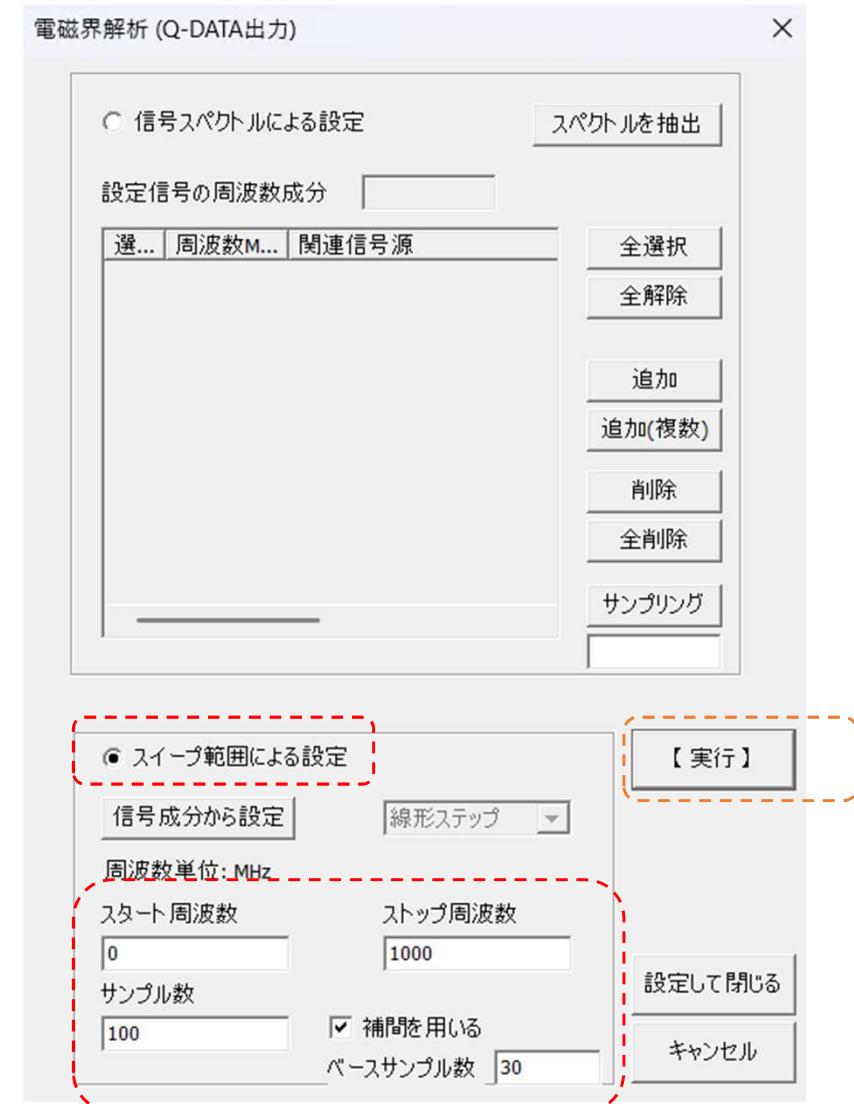
Q-DATA計算

Q-DATAは基板の電磁界データとしてSパラメータなどを出力する作業です、

スタート周波数(通常DC)とストップ周波数を指定します
設定が完了したら「実行」でQ-DATA計算が開始されます。
↓のサンプル基板では右の設定で43分程度です



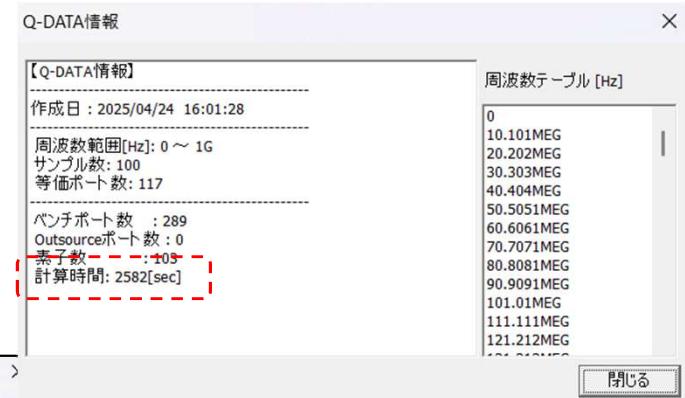
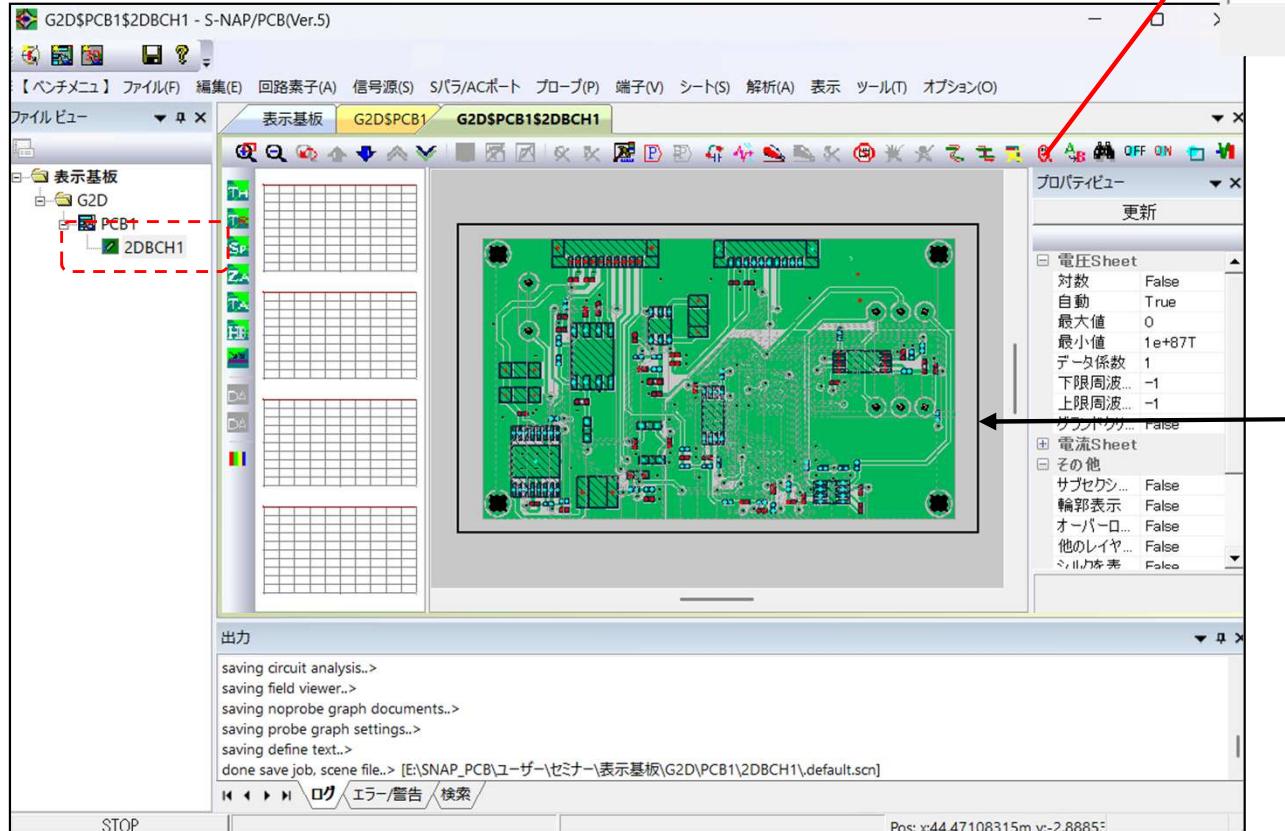
50 × 30mm 4層基板



テストベンチ

テストベンチウィンドウ

Q-DATA計算が終了すると図のようなベンチ画面が表示されます。Q-DATA情報は「Q-DATA情報」ボタンで表示できます



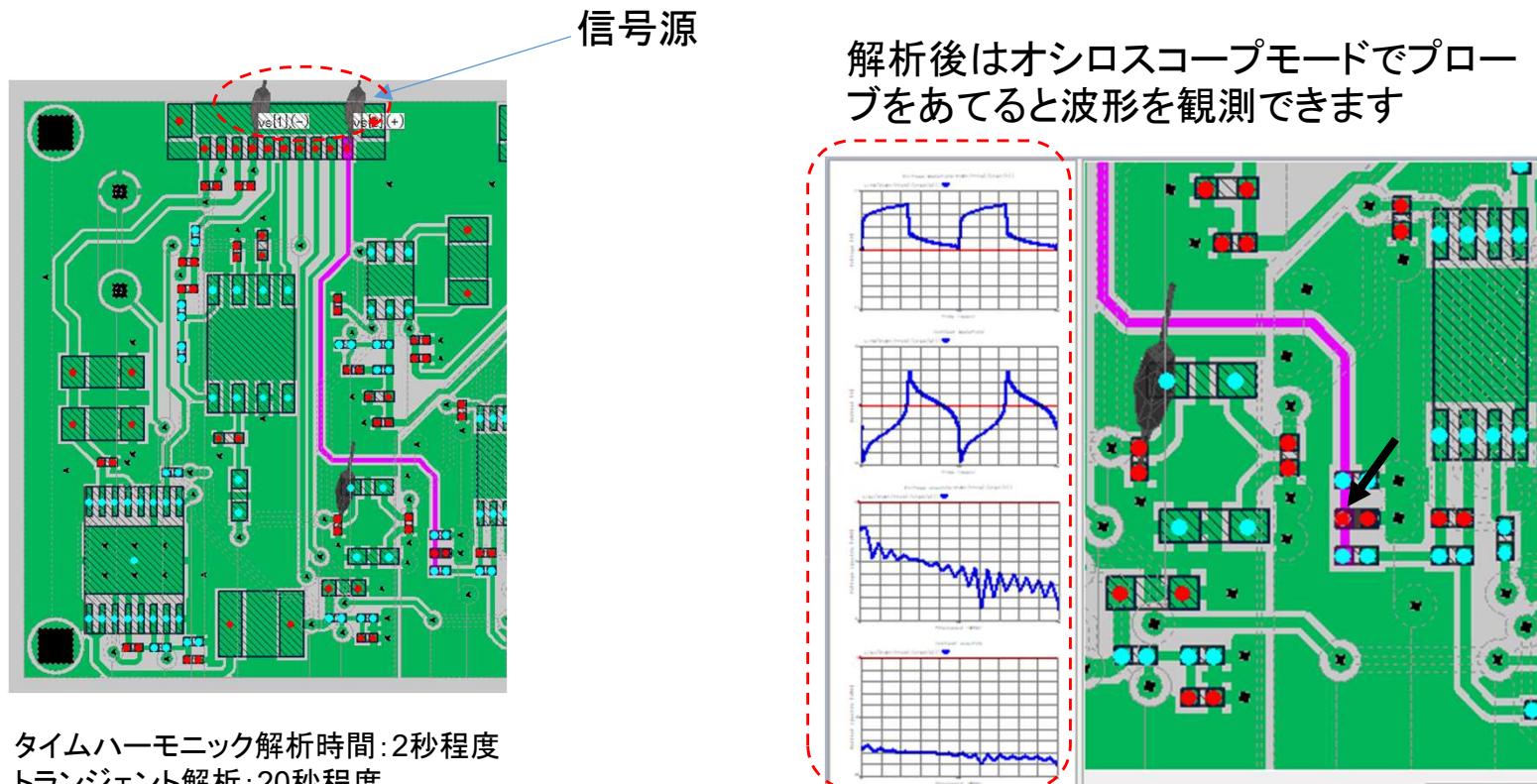
Q-DATA計算時間:43分

赤い端子がアクティブポート、
青い端子がパッシブポートです

時間軸解析の実行と波形表示

時間軸の解析には、「タイムハーモニック解析」と「ハーモニックバランス解析」、「トランジエント解析」があります

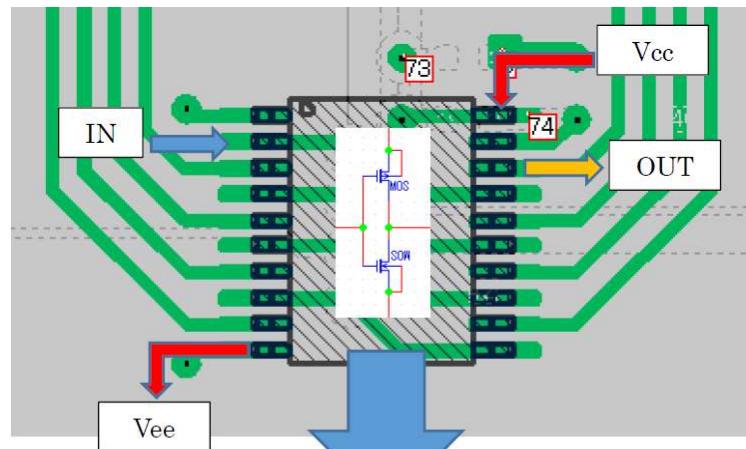
- ・「タイムハーモニック解析」は周波数ドメインで解析を行い、ハーモニック合成で波形を再生する手法です
高速に定常応答を得ることができますが、線形解析のみの対応ですのでダイオードなど非線形要素の効果は確認できません
- ・「ハーモニックバランス解析」はタイムハーモニック解析の非線形版で、非線形要素を含む解析が可能ですが、Fundamental(基本周波数)は1周波数ですので、複数の信号では使用できません
- ・「トランジエント解析」はタイムドメインと周波数ドメイン両方を用いますが、基本的にはタイムドメインです
非線形にも対応していますので、ダイオードやスイッチング要素を含んでいてもそのように動作致します



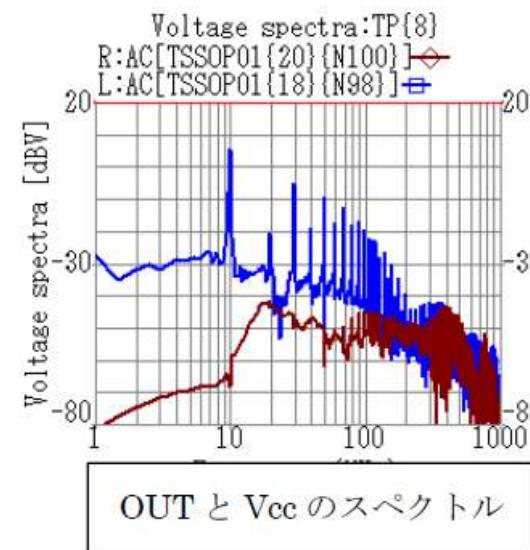
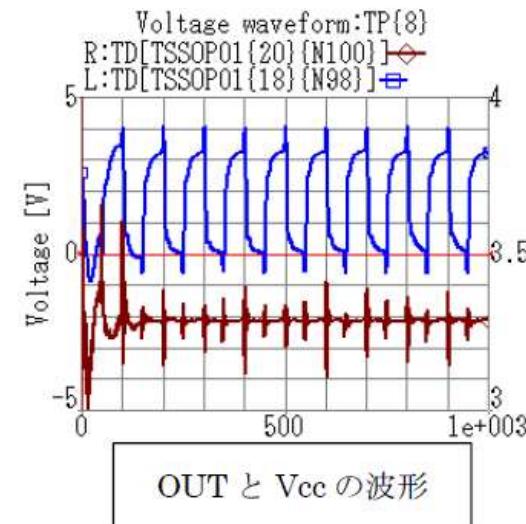
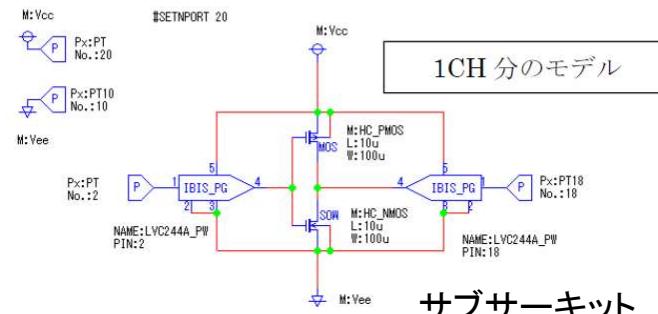
実装状態でのトランジエント解析

素子を基板に実装状態でトランジエント解析等が可能です、これによりスイッチング動作時の電流引き込みや、パソコンの過渡電流、電源の揺らぎなど解析できます

電流を引き込む動作が必要

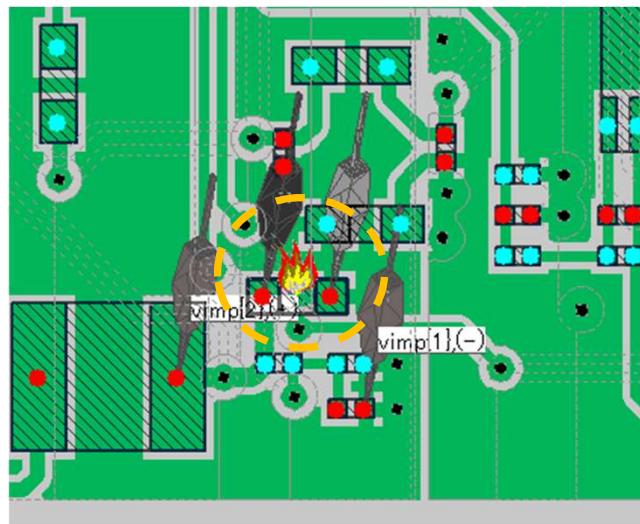
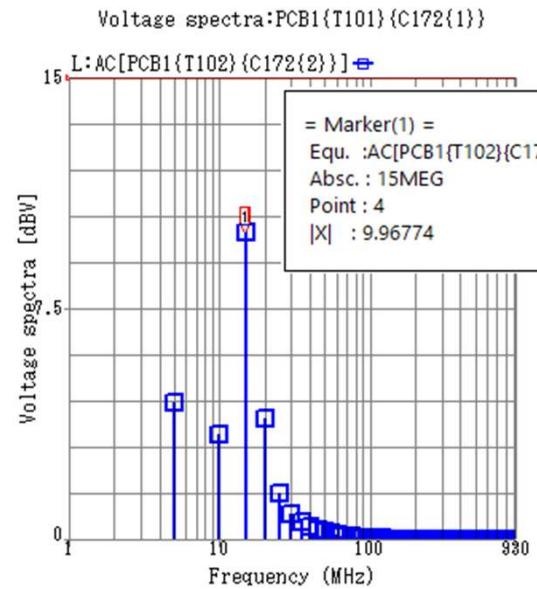


```
.SPICE
.SUBCKT INVERTER2 _ssi_pin0_in_out_p_n
* SS_Symbol [C:\Program Files\Anasoft\SuperSpice\System\MixedMode.ssm] [Analog Inverter]
* 
MP1 out _ssi_pin0_in_p_n HC_PMOs W=964U L=2.4U AD=500P AS=500P PD=350U PS=430U
MN1 out _ssi_pin0_in_n_n HC_NMOS W=184U L=2.4U AD=275P AS=275P PD=350U PS=270U
*
.MODEL HC_NNMOS NMOS LEVEL=2 KP=45.3u VTO=720m TOX=51.5n NSUB=2800T GAMMA=940m PHI=650m VMAX=150K
+ RS=40 RD=40 XJ=110n LD=520n DELTA=315n cjo=0.71m cgs=10n cgd=10n cgb=10n cjsw=2n
*
.MODEL HC_PMOs PMOS LEVEL=2 KP=22.1u VTO=-710m TOX=51.5n NSUB=33000T GAMMA=320m PHI=650m VMAX=970K
+ RS=80 RD=80 XJ=630n LD=230n DELTA=2.24 cjo=0.71m cgs=10n cgd=10n cgb=10n cjsw=2n
*
.ends
```

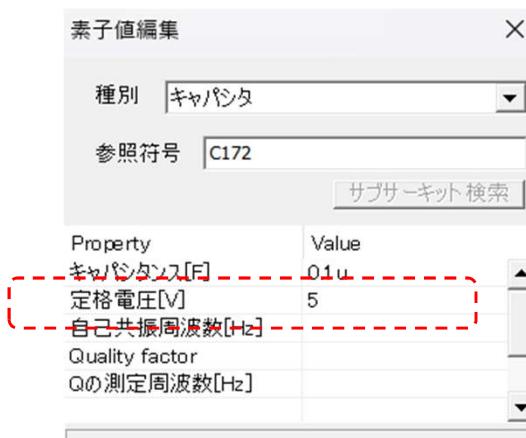


オーバーロードの表示

キャパシタの定格電圧、インダクタの定格電流、抵抗の定格電力が設定されていて、「オーバーロード」スイッチがONの場合、解析後、その素子の定格を超えていれば図のように炎のマークが表示されます



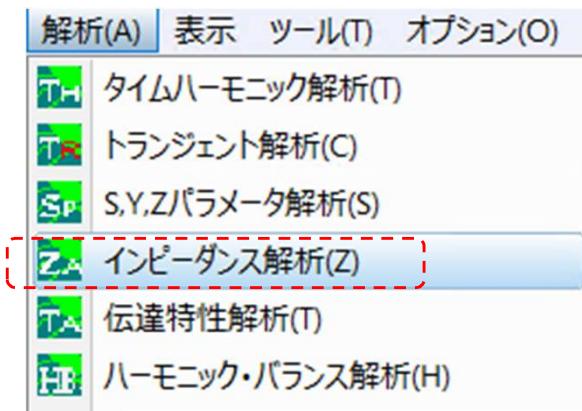
その他	
サブセクシ...	False
輪郭表示	False
オーバーロード	True
他のレイヤ...	False
シルクを表...	False
スケールを...	False
ビットマップ...	False



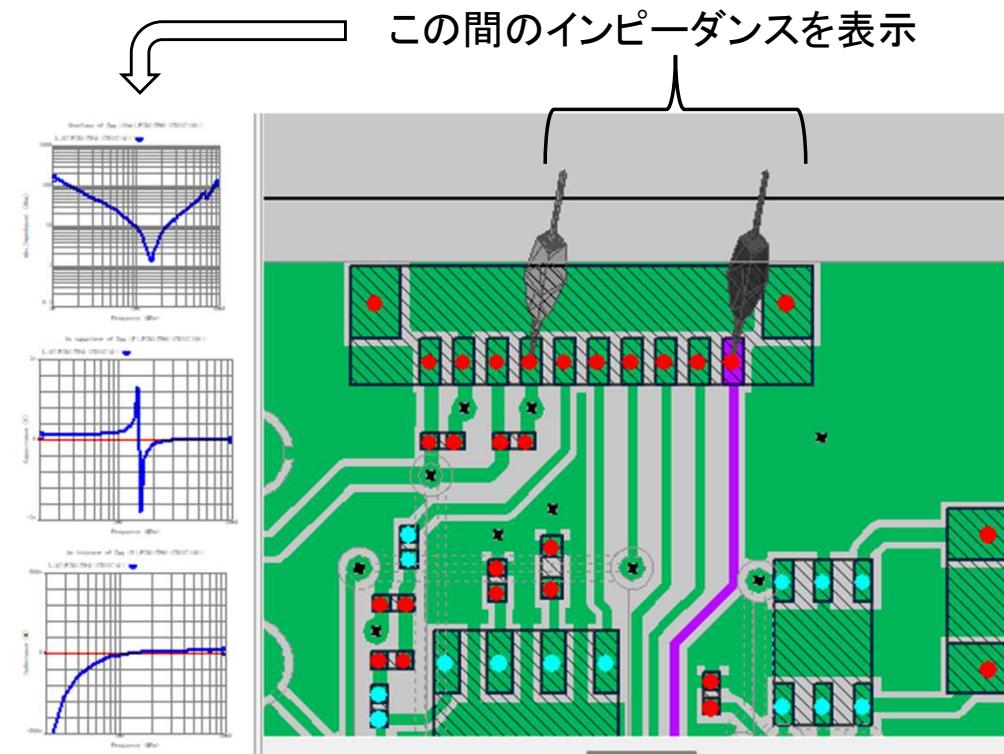
定格電圧は5Vに設定されていますが、15MHzのスペクトルが9.9V以上あるためオーバーロードが表示されています。

インピーダンス解析の実行と表示

インピーダンス解析は、プローブで触った2点間をテスターのようにインピーダンスを見ることができます。
ただし、観測可能なものはアクティブポート間だけです

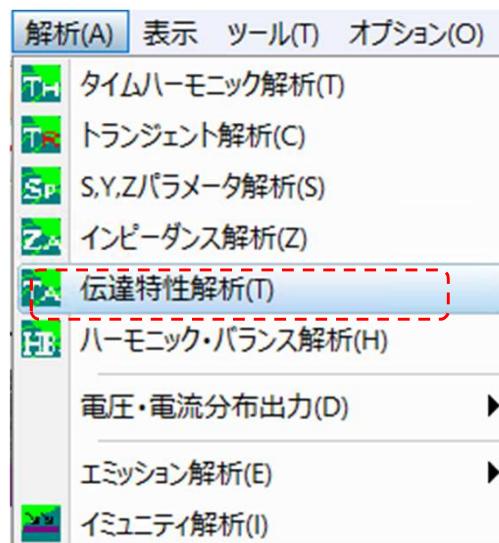


計算時間:20秒程度



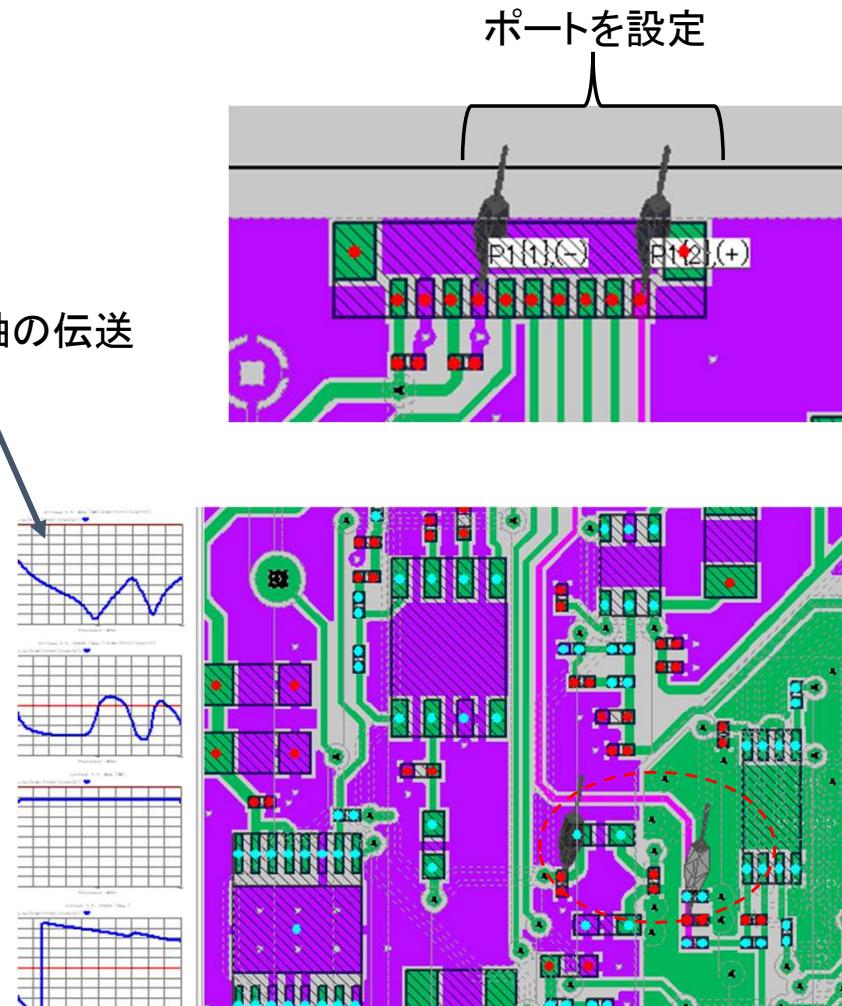
伝達特性解析の実行と表示

伝達特性解析(AC解析)は、ポートから励振しプローブで触った2点間の周波数スイープデータ(AC電圧)を見ることができます。



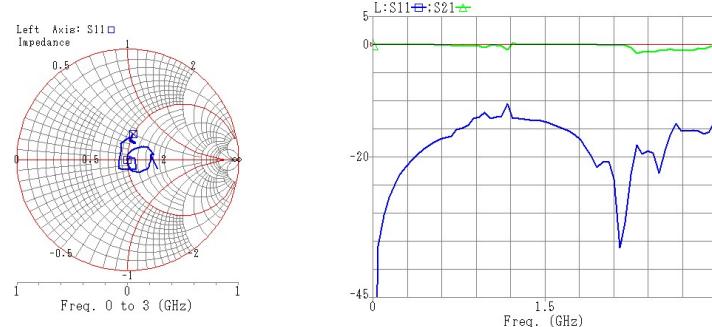
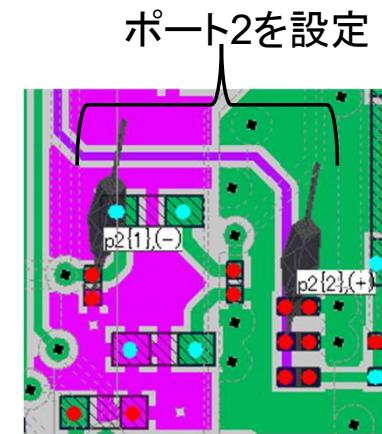
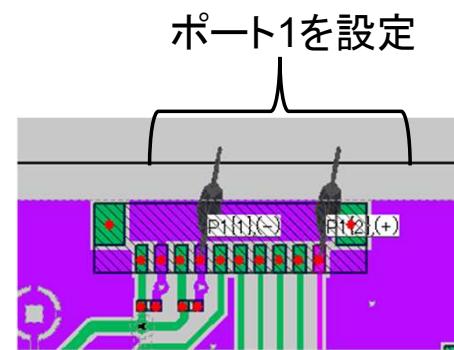
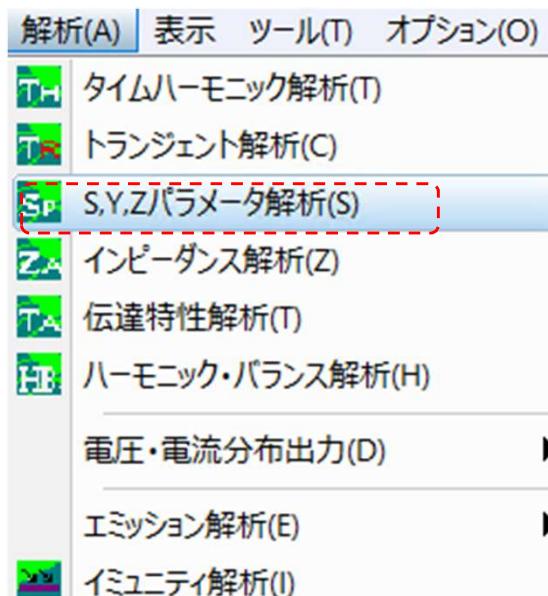
計算時間:5秒程度

周波数軸の伝送
特性



Sパラメータ解析の実行と表示

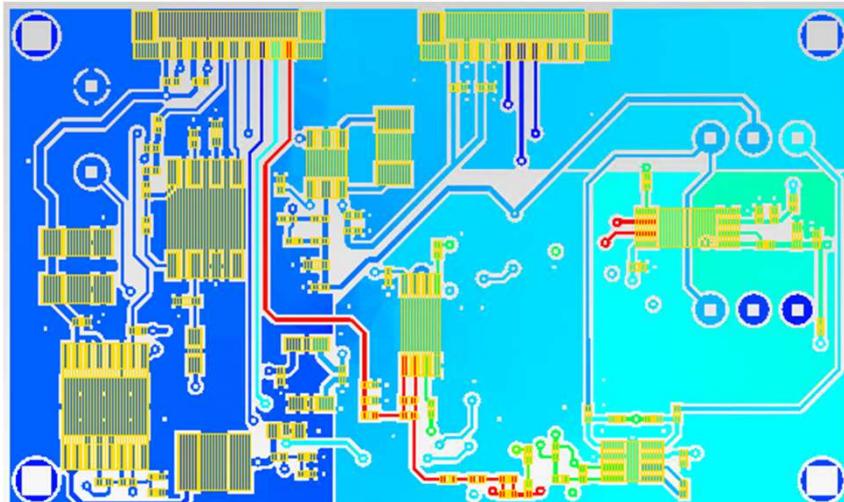
Sパラメータ解析は、1つもしくは複数のポートを設定し、Sパラメータを解析します。以下は2ポートの精細モードでの解析例です



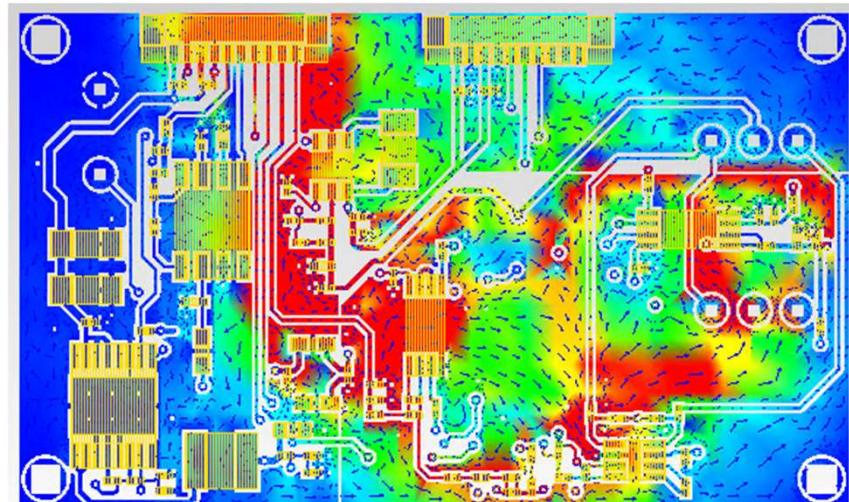
Sパラメータ伝送特性

電流電圧分布出力

解析後は「電圧・電流分布出力」→「時間解析結果より計算」が有効になりますので、観測が必要な周波数をONにして「実行」を行うと電流分布ファイル(.FLD)が作成されます。ビューワを開くと電流電圧分布が表示できます。



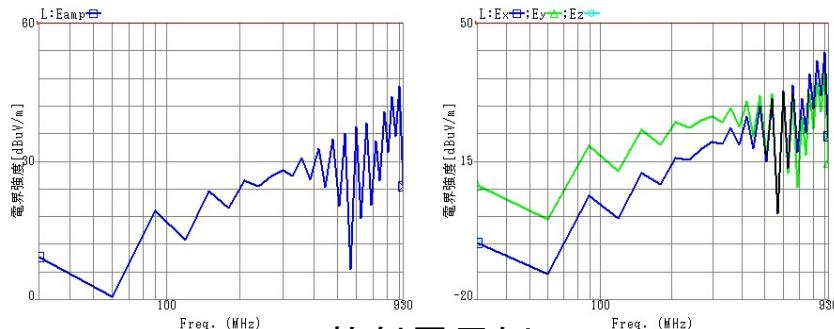
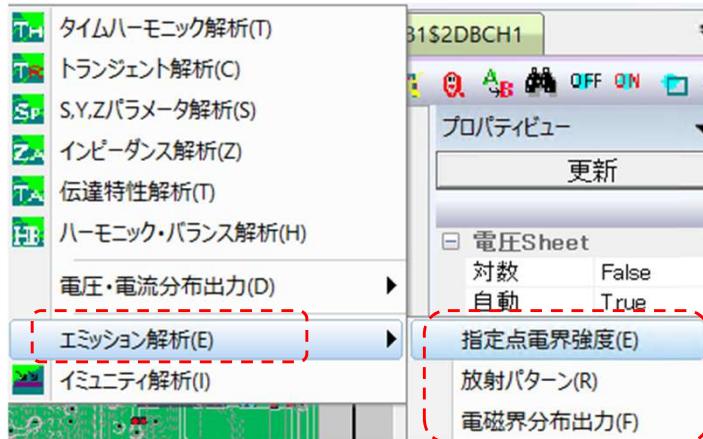
電圧分布例(300MHz)



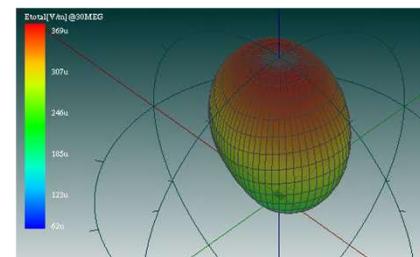
電流分布例(300MHz)

放射電界、放射パターン、空間電磁界分布計算

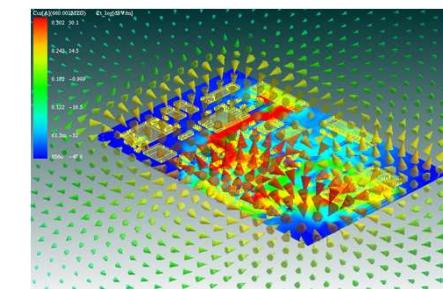
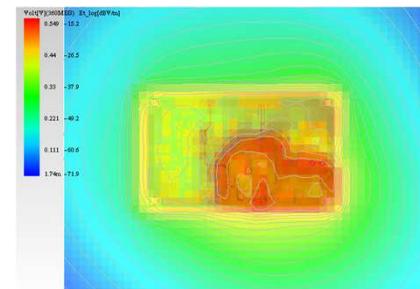
エミッション解析として、指定点電界強度、放射パターン、空間電磁界分布解析を計算できます、「エミッション解析」で、分布ファイルを選択し、必要周波数等を設定し「実行」を行います



放射電界例



放射パターン例

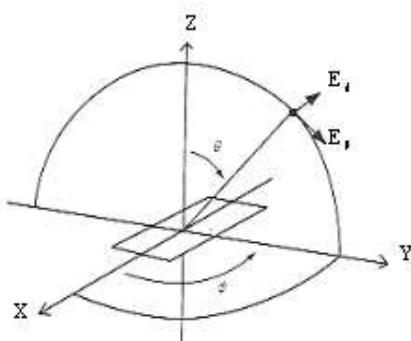


電界分布例

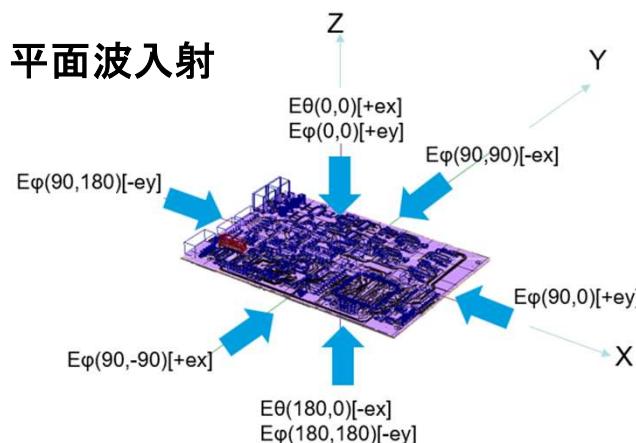
入射波(イミュニティ)解析

入射波解析は (r,θ,ϕ) 方向から到来する平面波により誘起する電圧電流を解析します、Q-DATA出力時に「入力ソース設定」を行っておくことで、その方向に対する入射波に対しては高速に解析可能になります。また、3次元でアンテナを用いると、リアルなイミュニティ解析も可能です

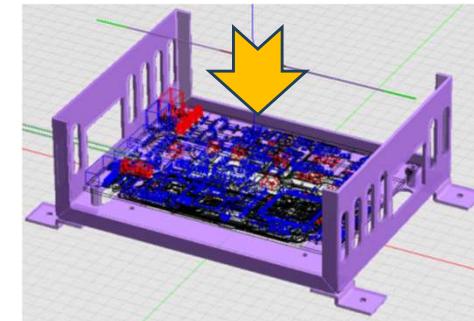
入射波解析モード



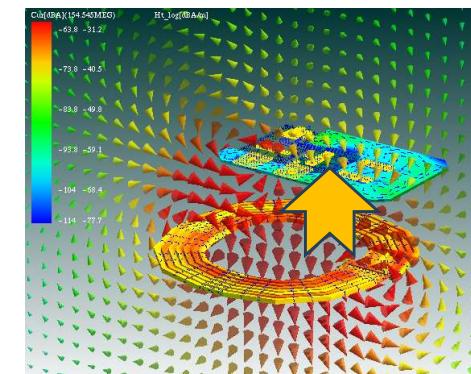
平面波入射



リアルなイミュニティ解析



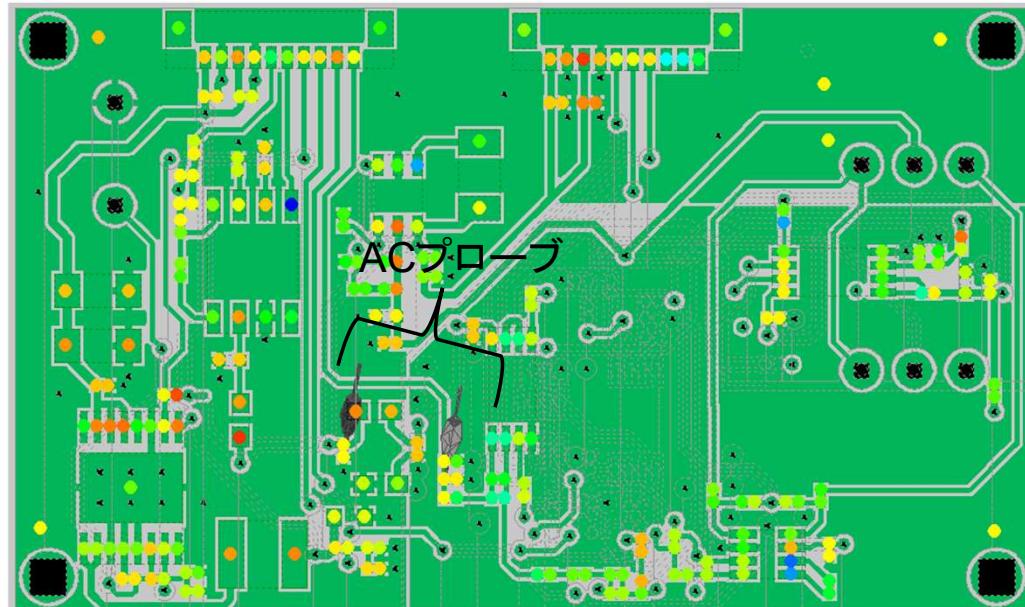
上部にアンテナを設定



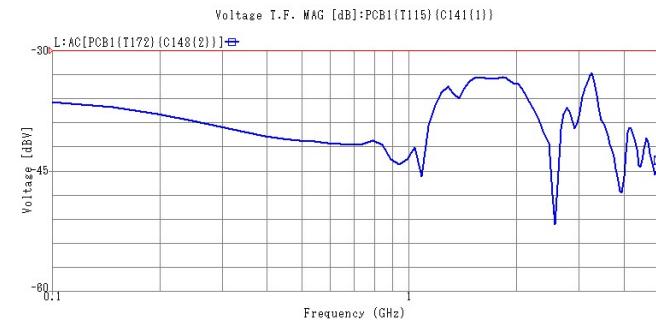
下部にコイルを設定

イミュニティ解析例

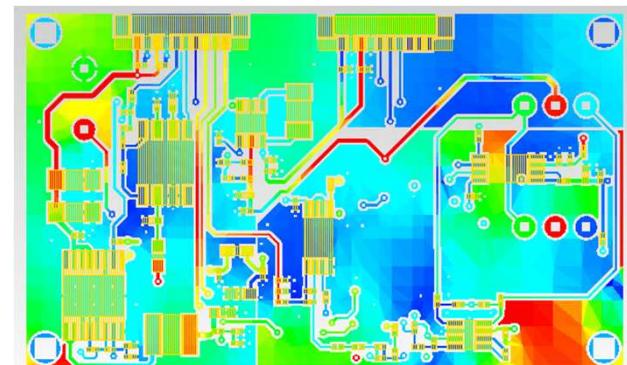
入射波解析はソースが入射波となったAC解析ですので、ACプローブが有効になります
 また「AC電圧シート」を表示することで、誘起レベルの高い端子を視覚的に確認できます
 さらに分布出力を行うことで、電圧電流分布を確認することができます



AC電圧シート
 どの端子の電圧が高いかがわかる



プローブの誘起電圧

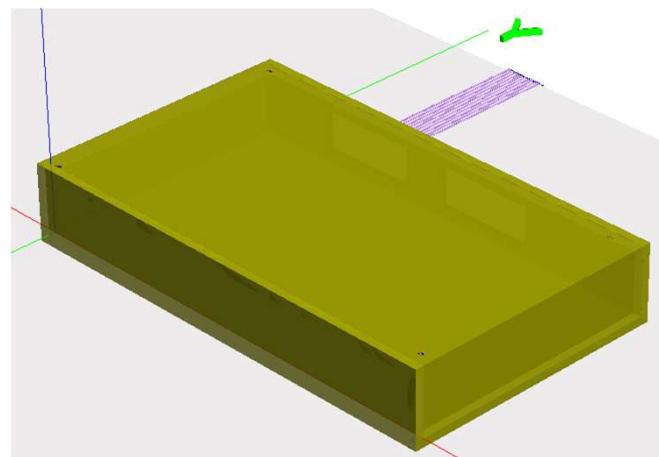


3.26GHzにおける誘導電圧分布

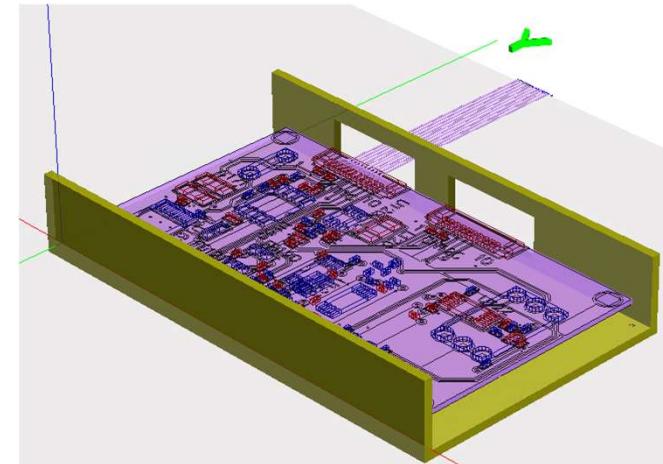
3次元解析

3次元解析は、PCBと筐体とワイヤなどを組み合わせて解析できます、

3次元エディタ内で、これらの部品を組み合わせます、サンプル図では筐体は上下に分かれており、コネクタからはワイヤが引き出されています、



全体図

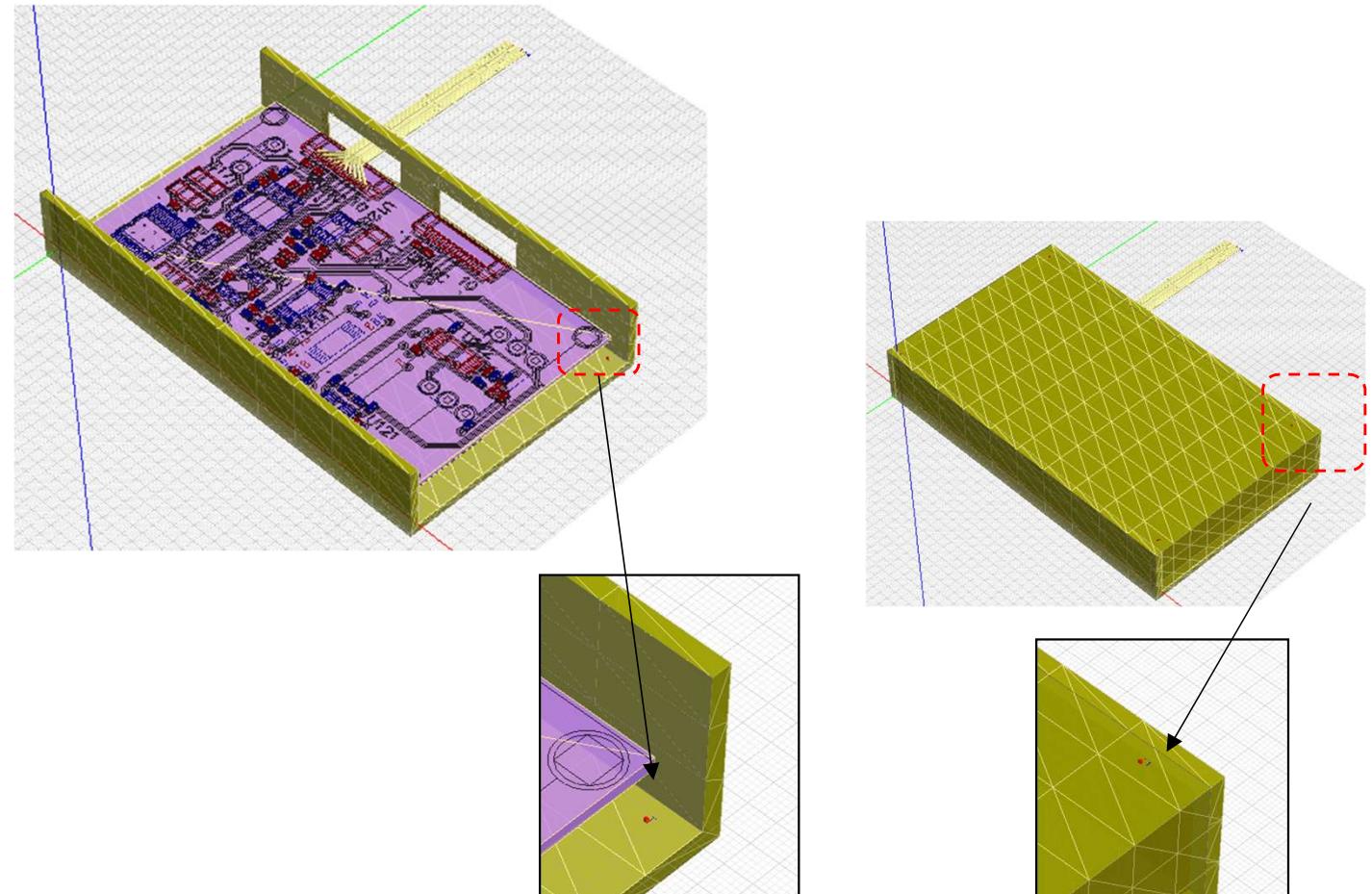


カバーを外した状態の図

筐体の端子

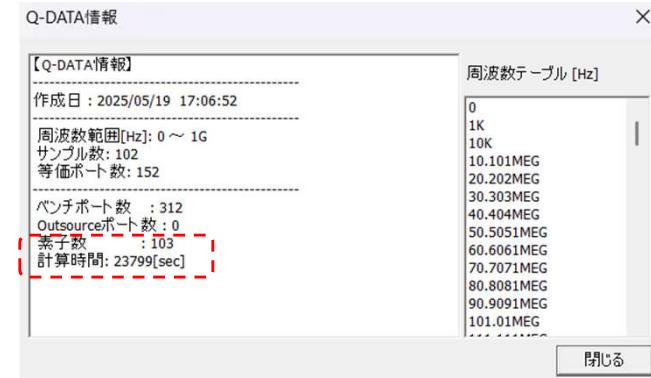
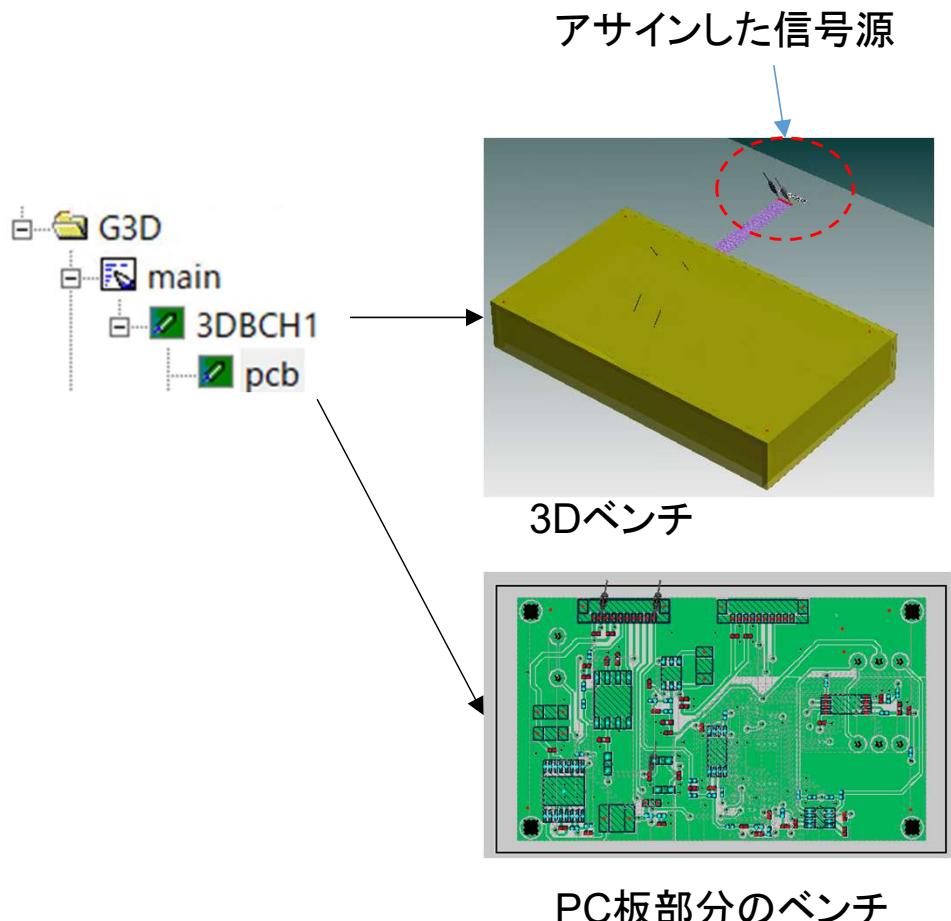
必要に応じて筐体に端子を設定します、筐体に静電ノイズを印加する時などは必要になります
筐体にボスをたててPC板と接触させることもできますが、端子接続にしておくと、基板が筐体に接続された時とそうでない場合の違いを容易に確認できます

- 図形
- + GIMPORT case_bottom
- + GIMPORT case_top
- + GIMPORT wire1
- + SGM pcb

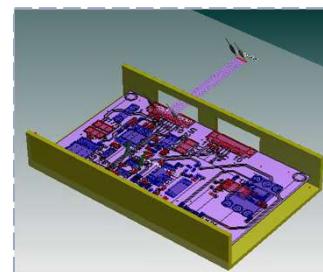


3Dテストベンチウィンドウ

3Dベンチでは、3次元構造のベンチとPC板部分のベンチが作成されます、PC板が複数組み合わされている場合は、PC板ベンチはその数だけ作成されます



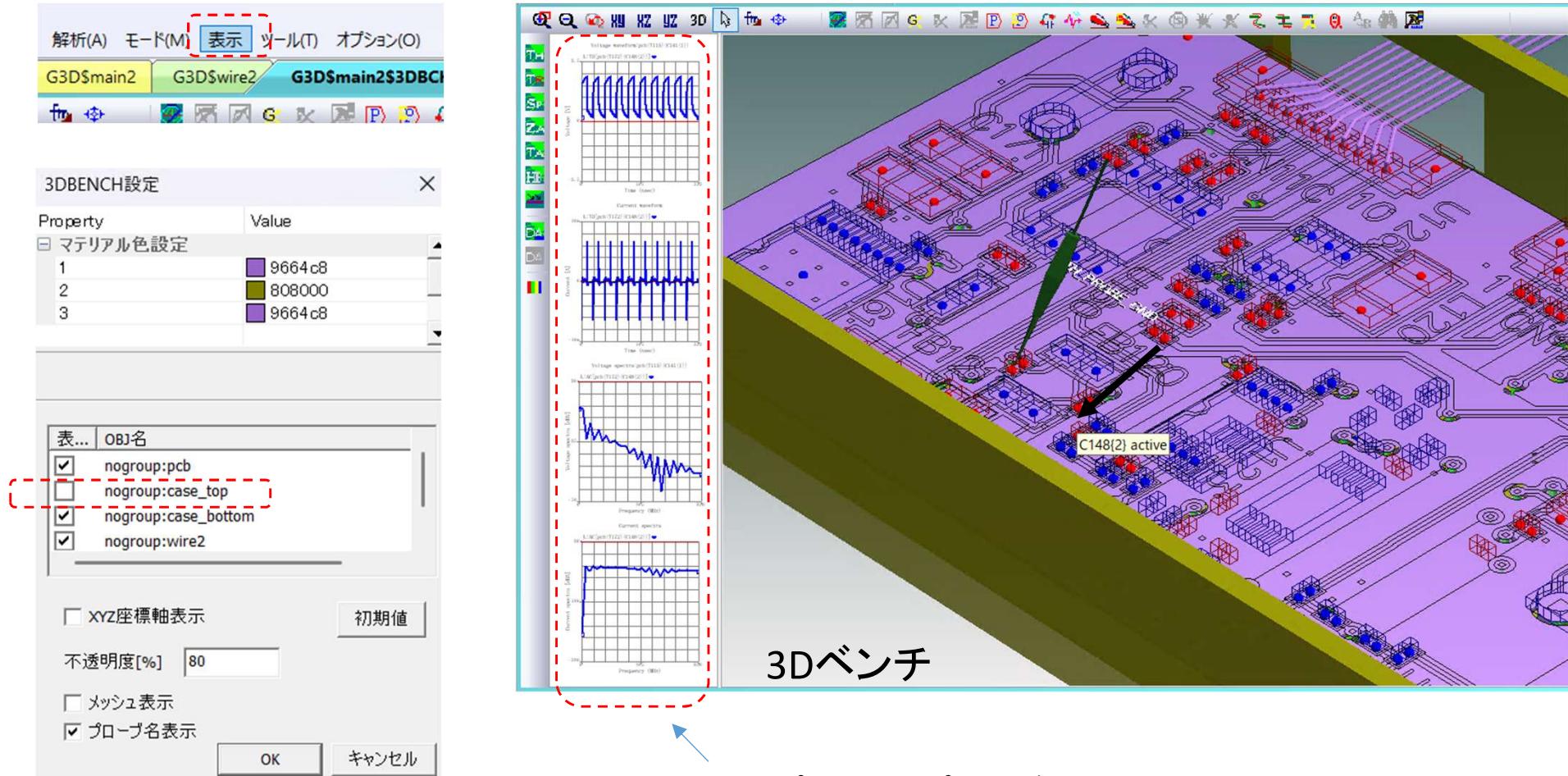
Q-DATA計算時間: 6.6時間



TOPカバー非表示

3Dベンチでのプローブ操作

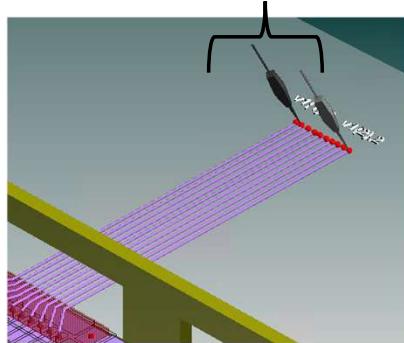
3Dベンチではケースやワイヤなどのパーツを非表示にすることができます、「表示」→「設定」のチェックボックスで設定します、3Dベンチでも2D時と同様にプローブを使用できます



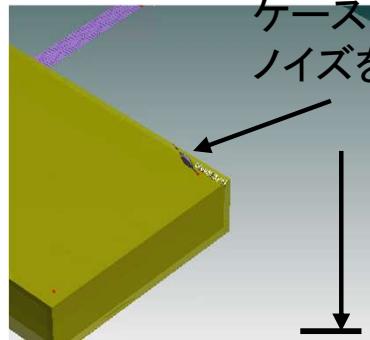
ケースに静電ノイズをえた例

トランジエント解析を用いて特性をシミュレーションしてみます、ノイズが重畳していることが確認できます

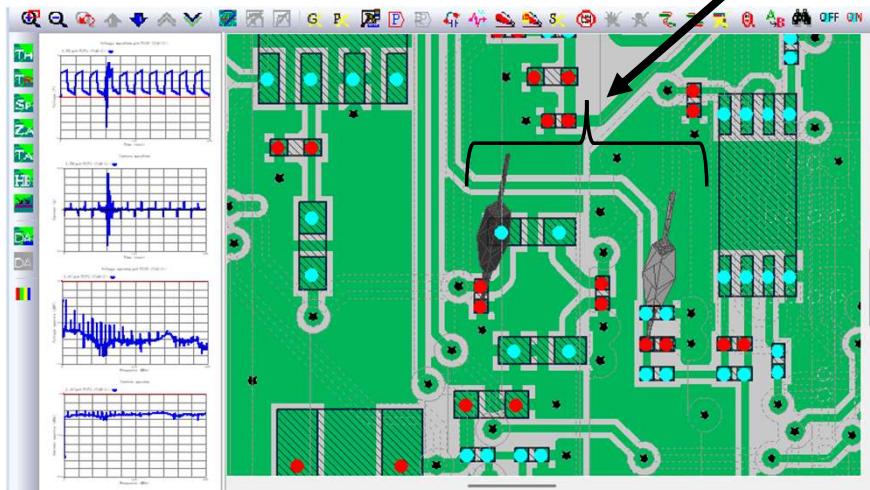
信号源



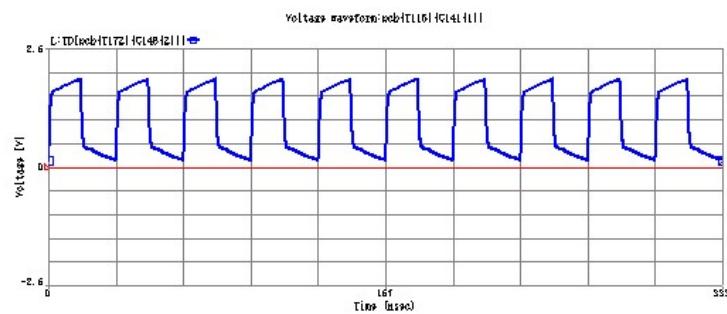
ケースとFG間に
ノイズを加える



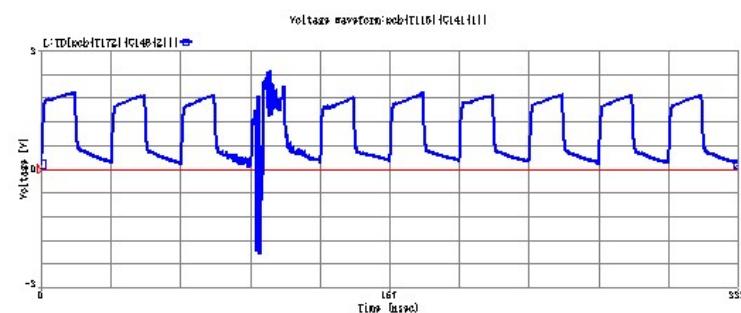
プローブ



静電ノイズなし



静電ノイズあり



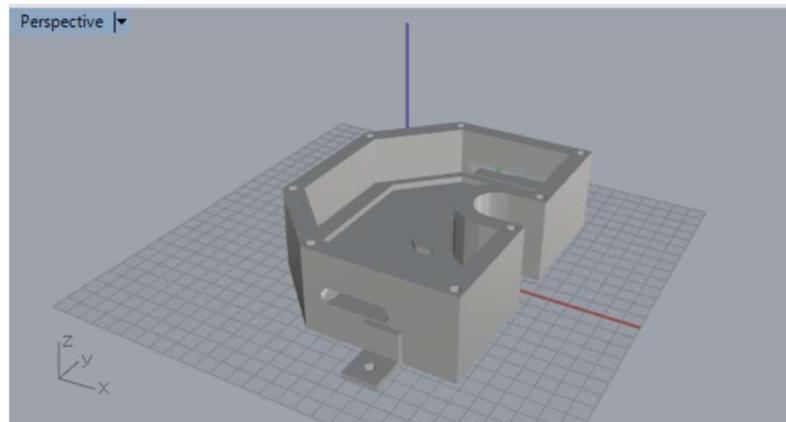
ベンチでの各種作業

ベンチでの以下の作業は2.5Dと同じです

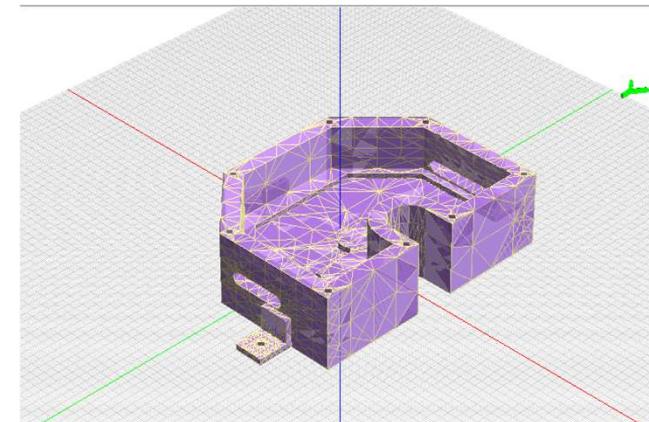
- ・電流電圧分布出力
- ・放射電界計算（要FLDファイル）
- ・指向性パターン計算（要FLDファイル）
- ・電磁界分布計算（要FLDファイル）
- ・インピーダンス解析
- ・伝達特性解析
- ・Sパラメータ解析
- ・イミュニティ解析(入射波解析)

STLファイルの使用

これまでS-NAP/PCBのプリミティブ図形を用いて筐体やワイヤを作成してきましたが、汎用の3DCADを用いて作図を行いSTLファイル形式で出力すると、S-NAP/PCBで読み込むことができます
複雑な図形の場合は、3DCADを用いてください



3DCAD画面 → STLファイル



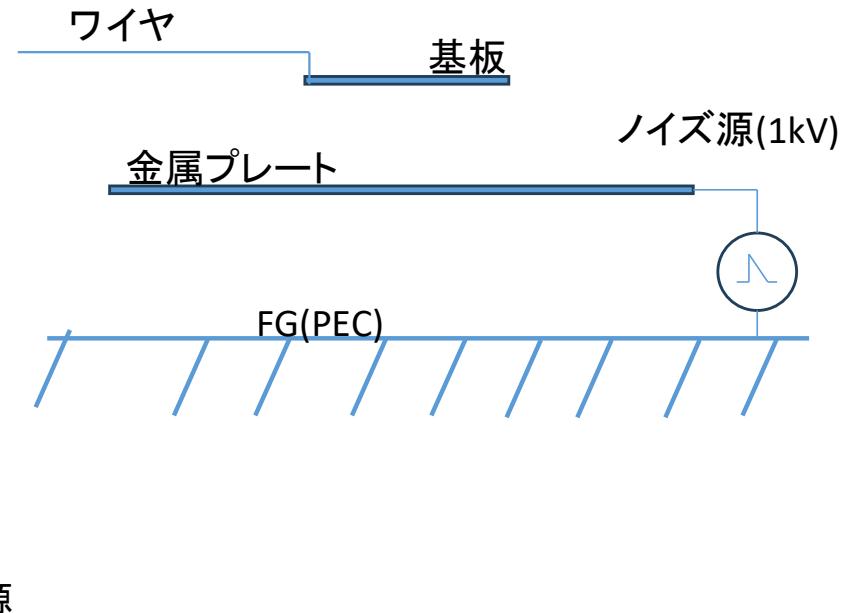
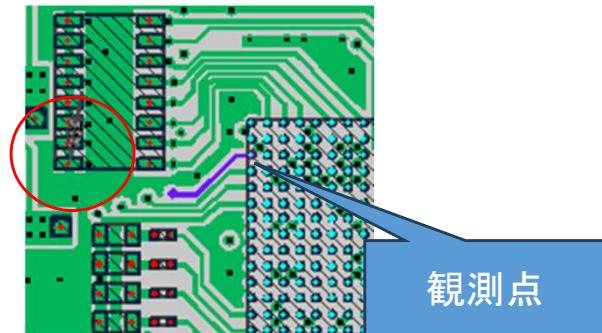
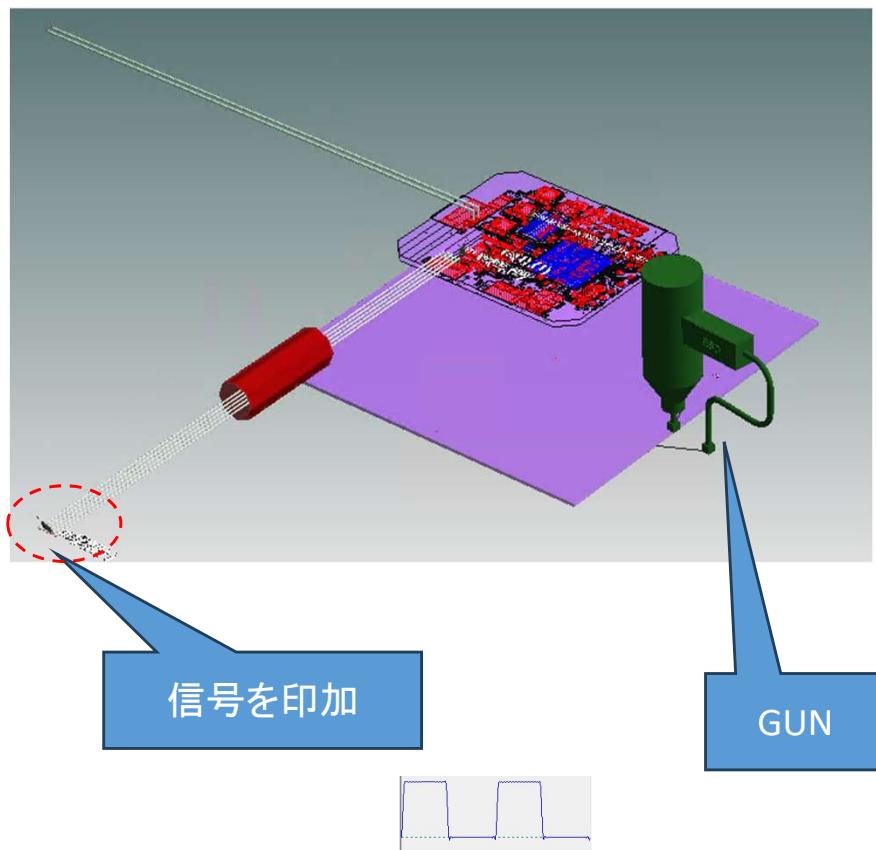
S-NAP/PCB画面

※推奨CAD: Rhinoceros x
このCADはSTL出力の細かい調整が可能です

解析例

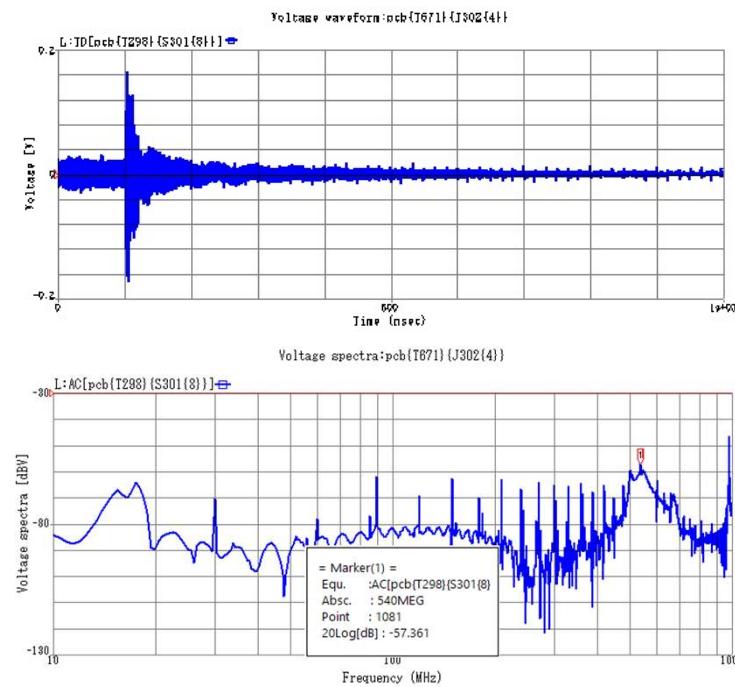
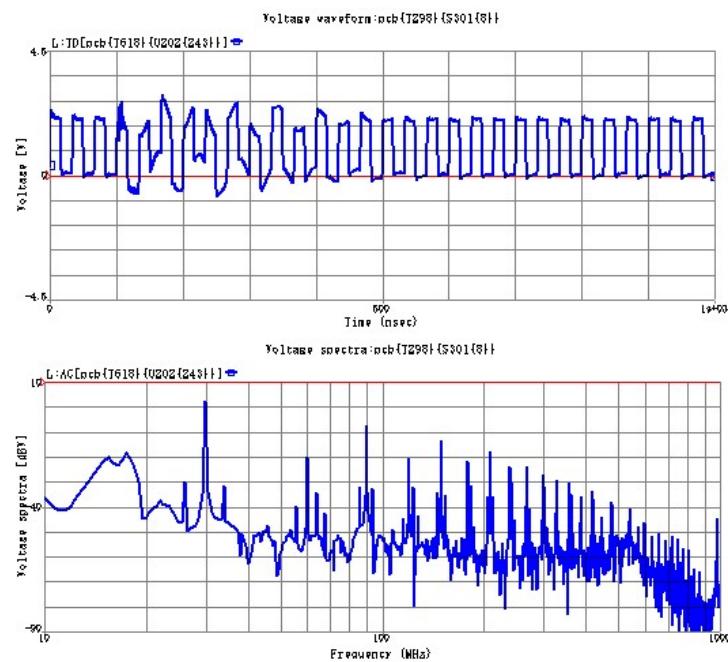
静電ノイズ(プレート,FG間)

- ・ワイヤの一端からクロック信号を印加する
- ・基板内のある端子での波形を調べる



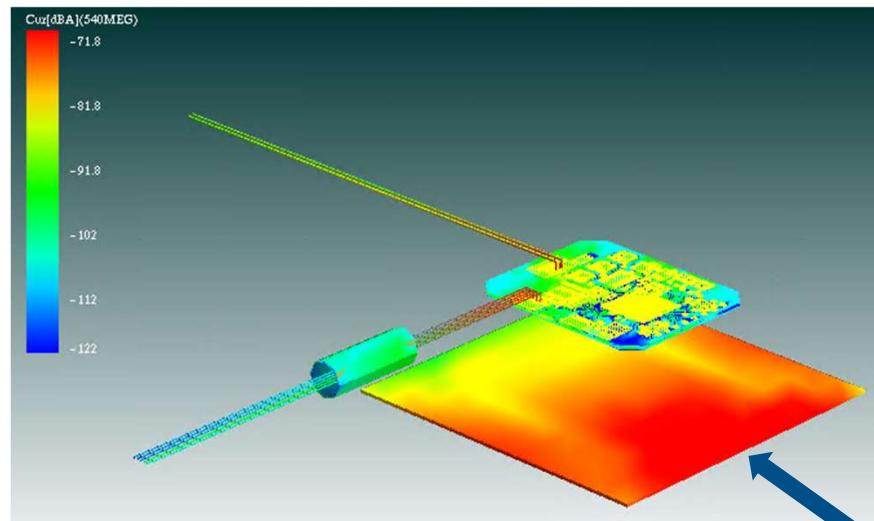
ノイズ信号の重畳

ノイズの印加によってIC端子の信号にノイズが観測できる、近傍のGND端子間を観ると540MHz付近にノイズスペクトルのピークが確認できます



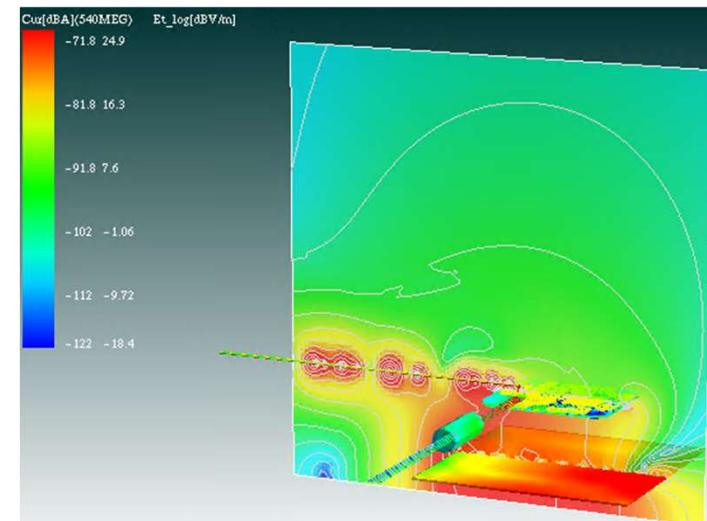
電流分布と電界分布

540MHzにおける電流分布と電界分布表示
FGと金属プレート間の電界が強いのがわかります



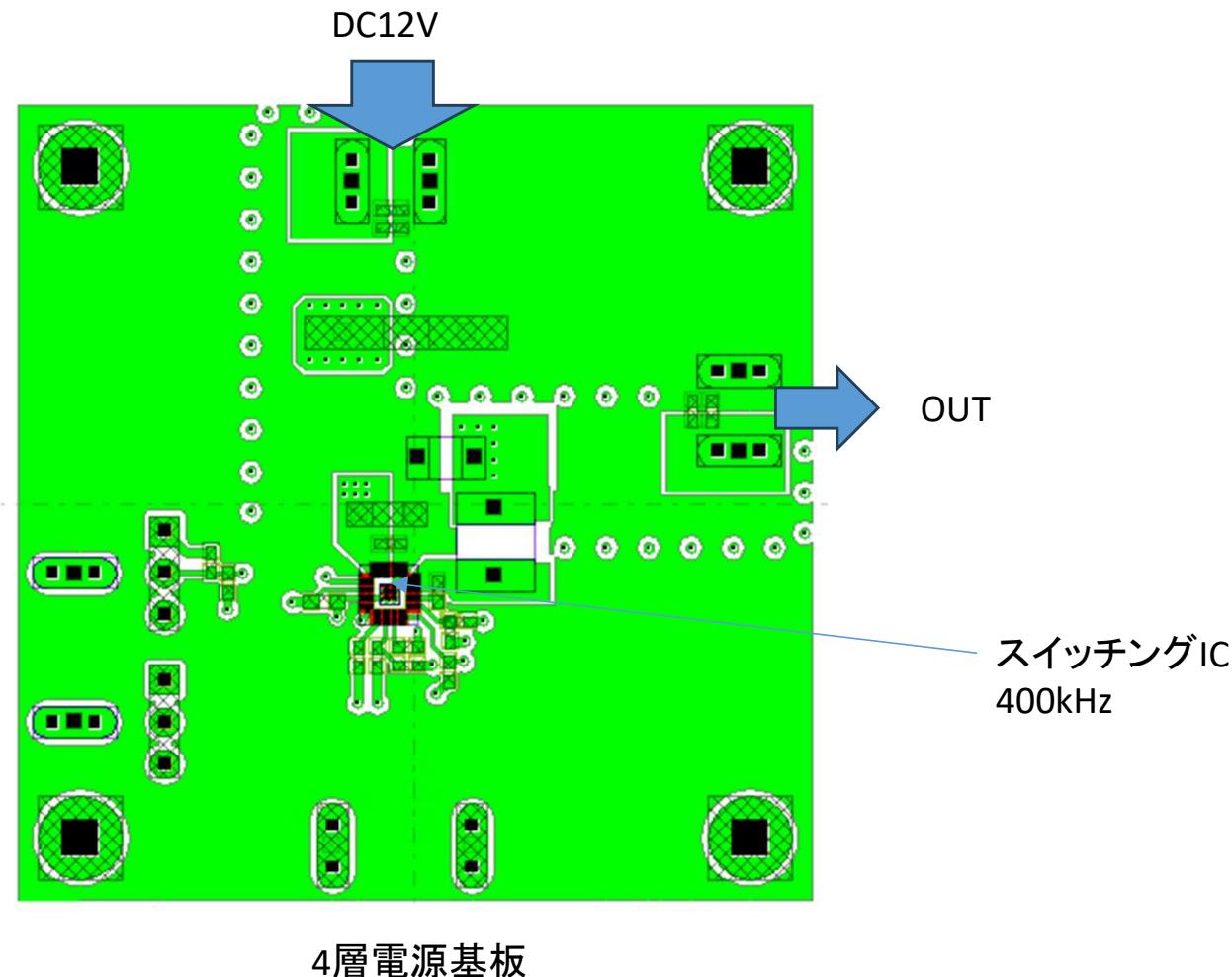
電流分布

静電ノイズ
を印加

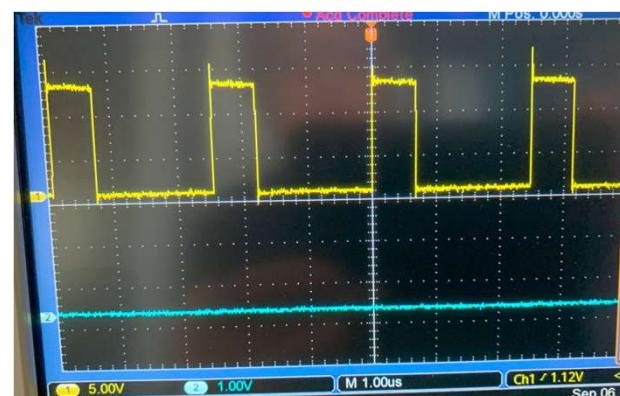
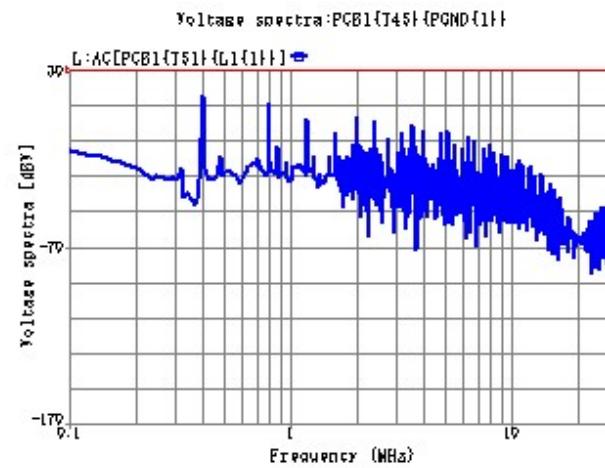
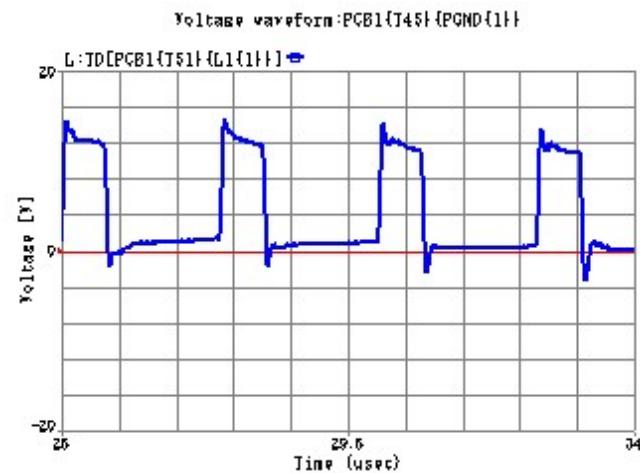


電界分布

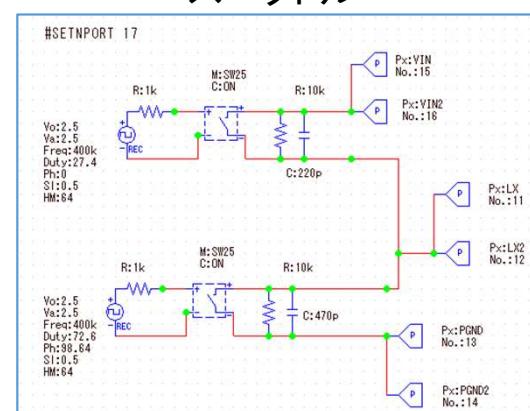
伝導ノイズ解析例



スイッチング波形とスペクトル

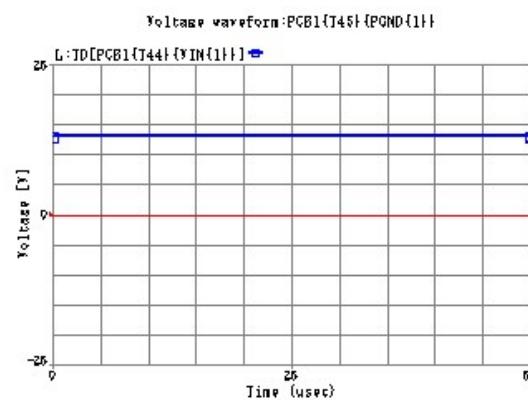
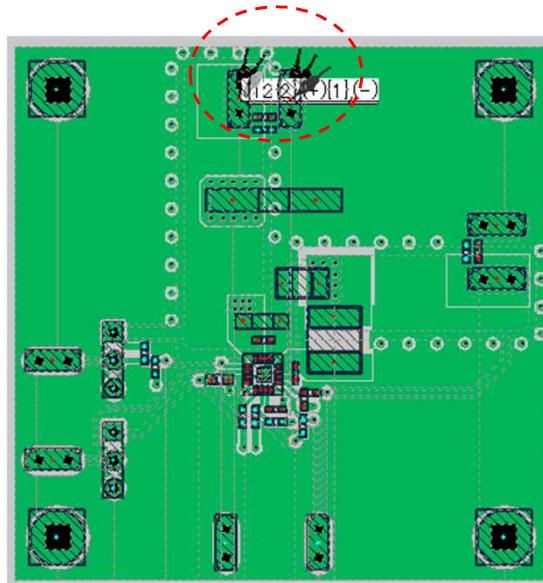


スイッチング出力波形
(上:SIM 下:実測)

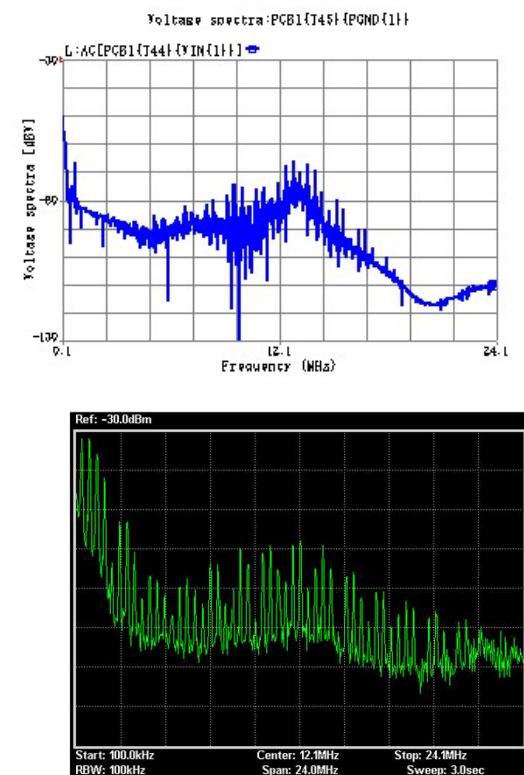


ICのスイッチングモデル(簡易モデル)

伝導ノイズ(電源端子)

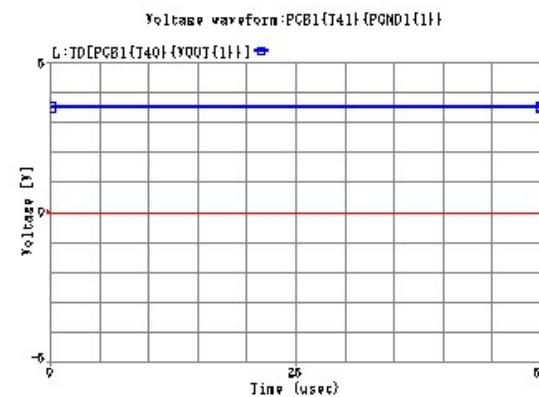
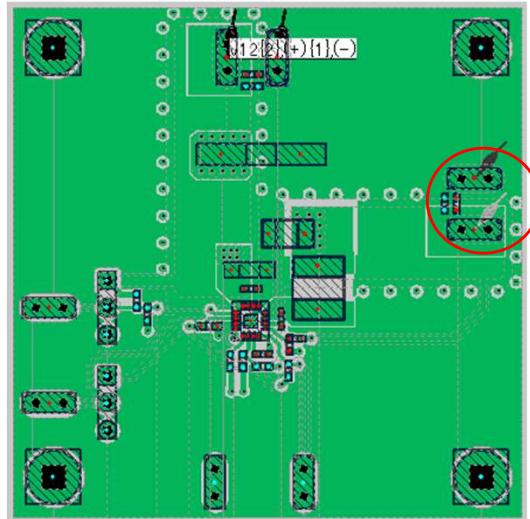


電源端子波形

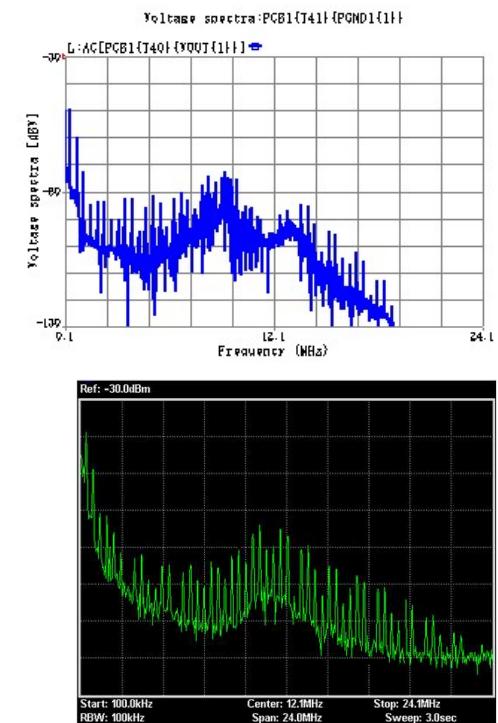


スペクトル(伝導ノイズ)
上:SIM 下:実測値
(スケールは上下同じ)

伝導ノイズ(出力端子)



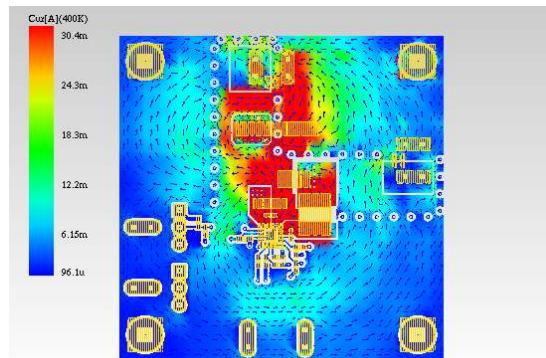
出力端子波形
(実測: 3.3V)



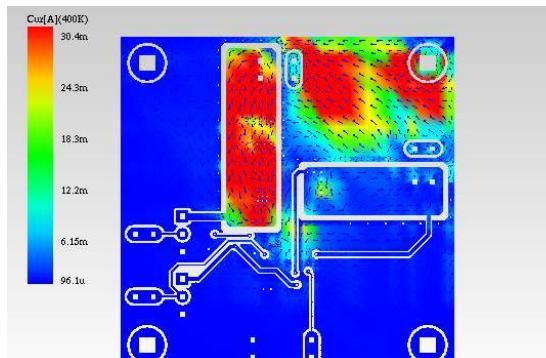
スペクトル(伝導ノイズ)
上:SIM 下:実測値
(スケールは上下同じ)

電流分布(@400kHz)

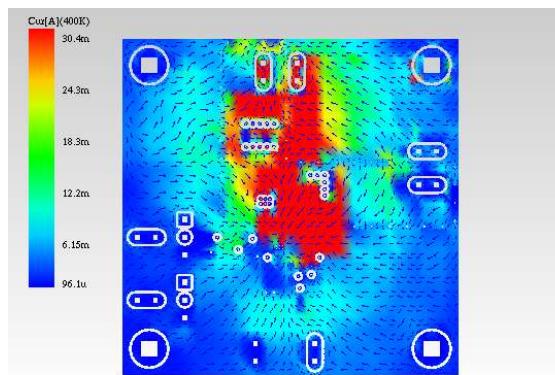
400kHzにおける電流分布とベクトル



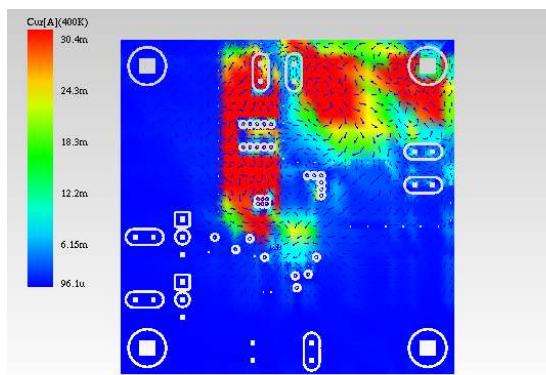
L1層



L3層



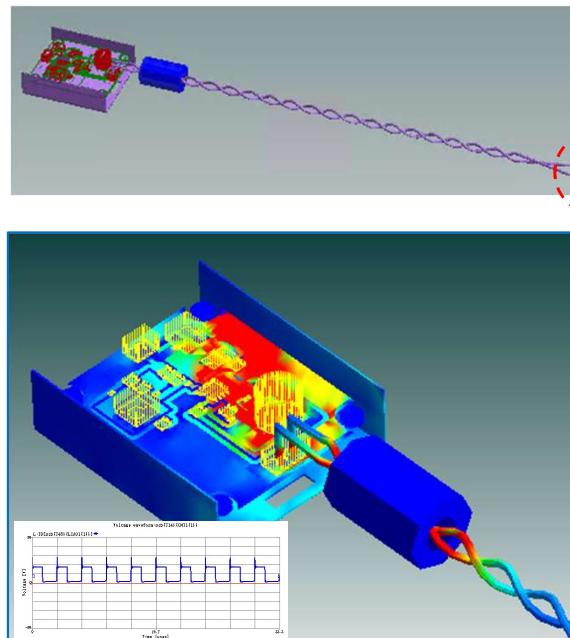
L2層



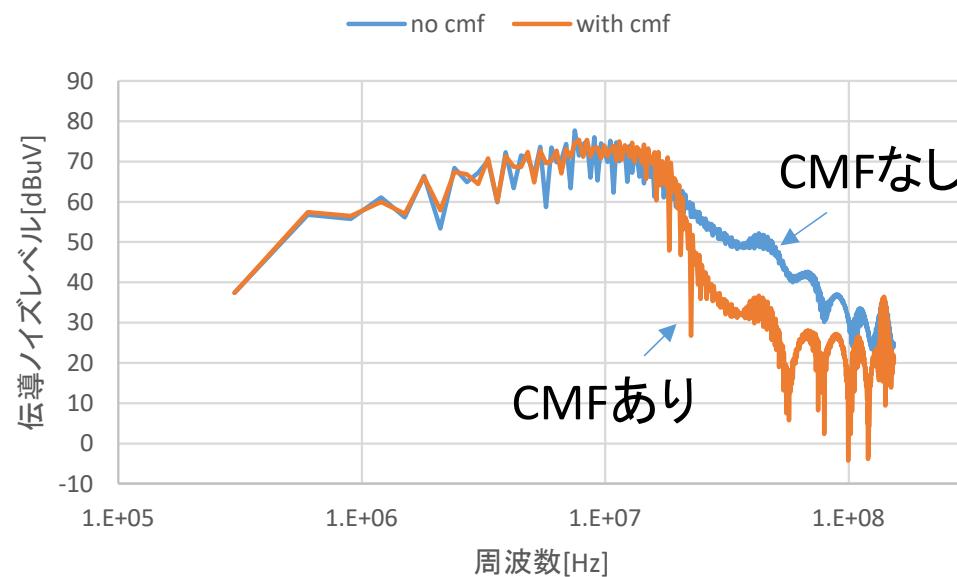
L4層

クランプフィルタ(フェライト)を含む解析(伝導ノイズ)

クランプフィルタは、伝導ノイズにおいてコモンモードノイズを抑圧します、この解析には磁性体を含めてスイッチング状態を解析する必要があります、図は300kHzのDCDCのツイストペアの電源ラインにクランプフィルタ(フェライト)を挿入した場合のLISNでの伝導ノイズを解析したものです



LISN

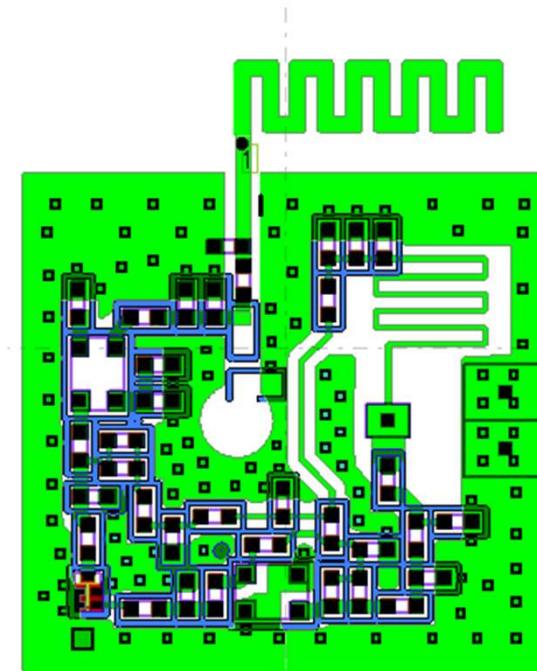
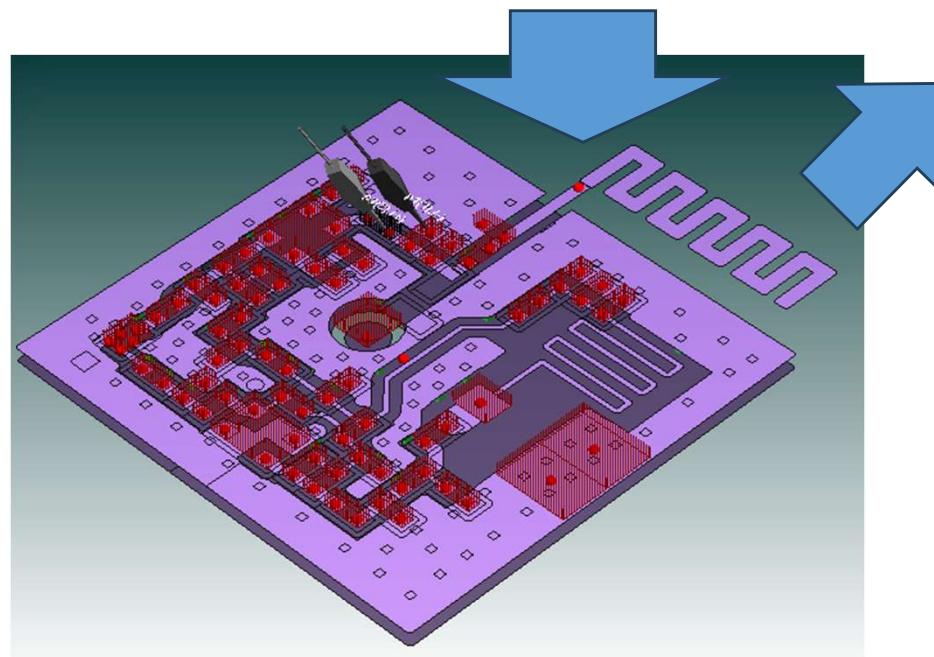


スイッチング波形と1.5MHz電流分布、
トランジエント解析時間:4.8分

LISNノイズ出力

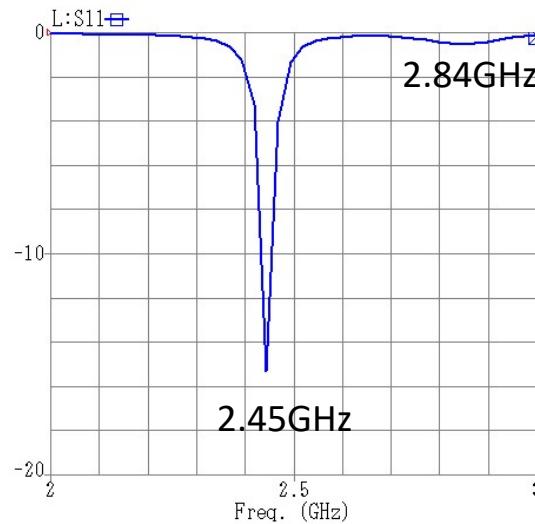
入射波解析例

3次元空間に配置、境界条件は自由空間
・入射波を印加して誘起電圧を確認する
・放射特性を確認する

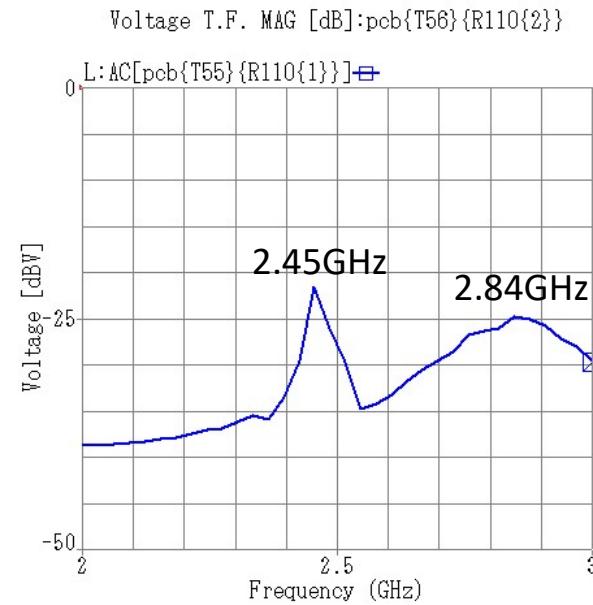


各種特性(Sパラ特性、入射波特性、放射特性)

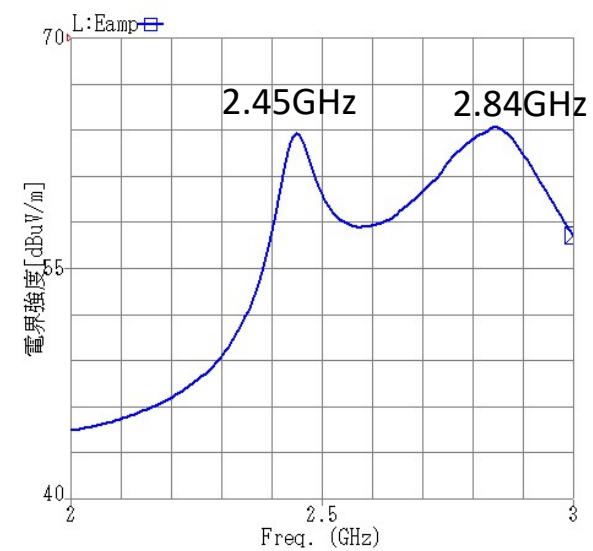
2.84GHzにも共振特性が確認できる



Sパラメータ特性

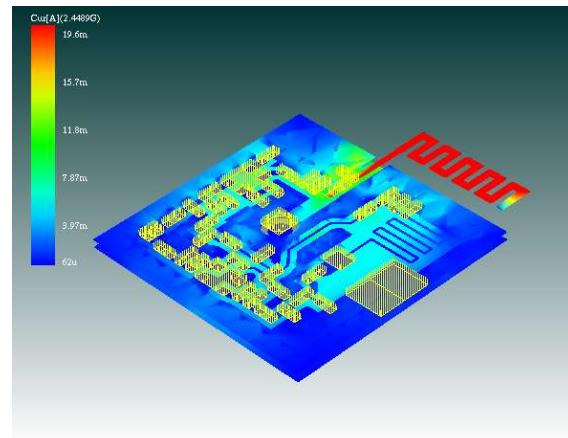


入射波による誘起電圧特性

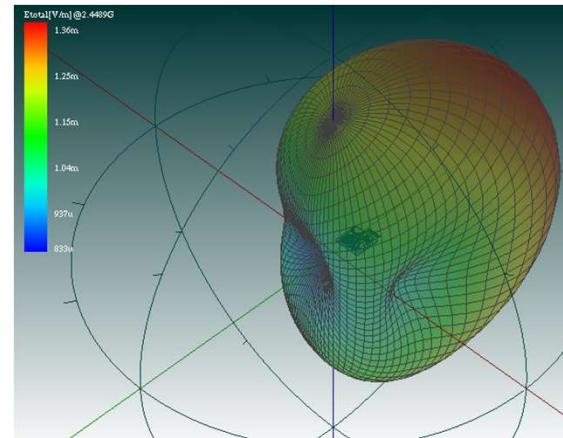


3m位置放射電界特性

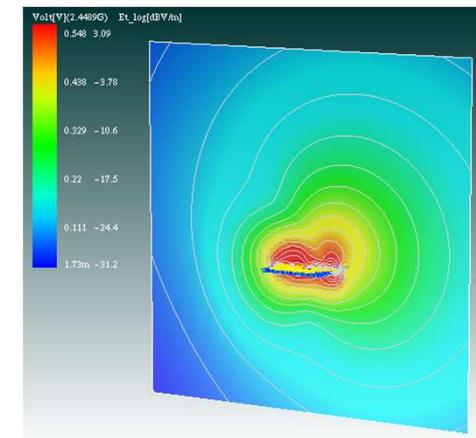
各種分布特性(@2.45GHz)



電流分布



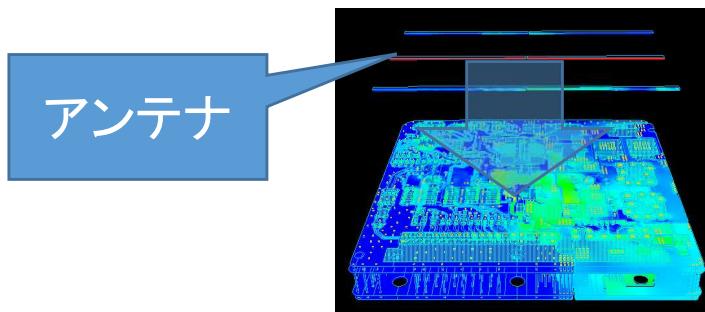
放射パターン



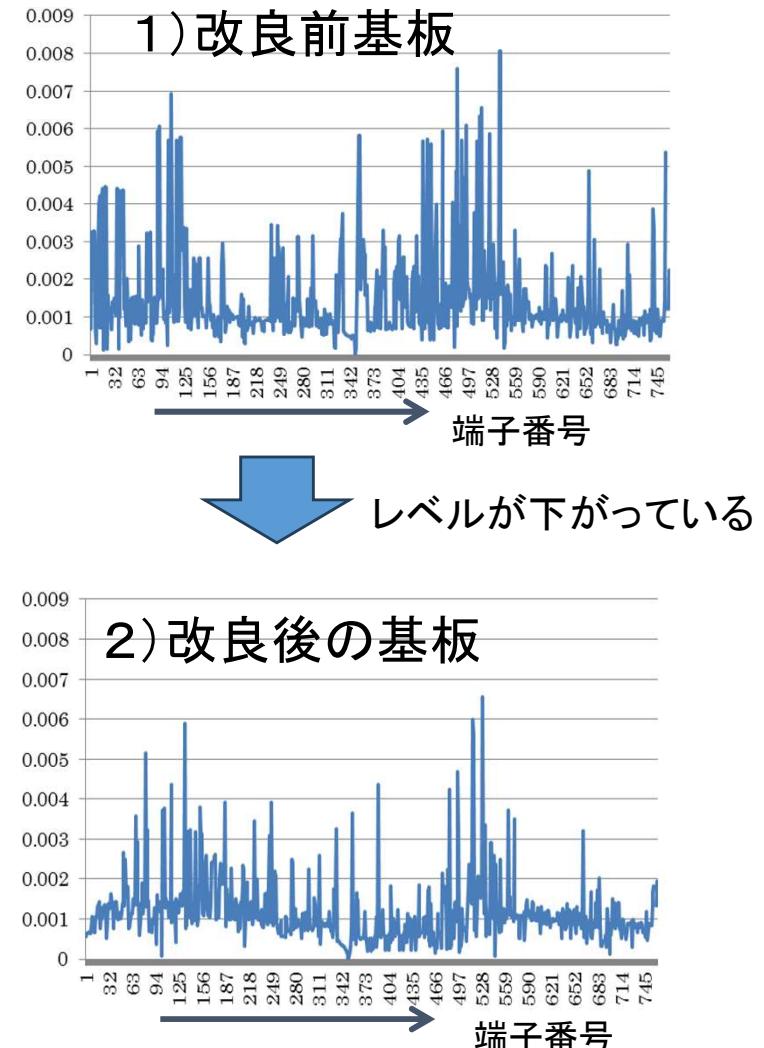
近傍電界

誘起ノイズ電圧の比較例(イミュニティ実例)

- ・<現象>: 基板に900MHzの信号を照射すると誤動作トラブルが発生。→アートワークの再検討を行った。
- ・<手順>
- ・(1) 誤動作が発生する基板をシミュレーションし、900MHz 照射時の全端子の誘起電圧を解析。
- ・(2) アートワークを改良し、(1)と同一条件でシミュレーションを実施。
- ・(3) 改良後の基板は全端子の誘起電圧が下がっていることが確認できるので、プリント板製作を行った。
- ・<利点>: アートワーク修正時に前基板との優劣がわかるので、プリント板製作前に改良確認が容易にできる。



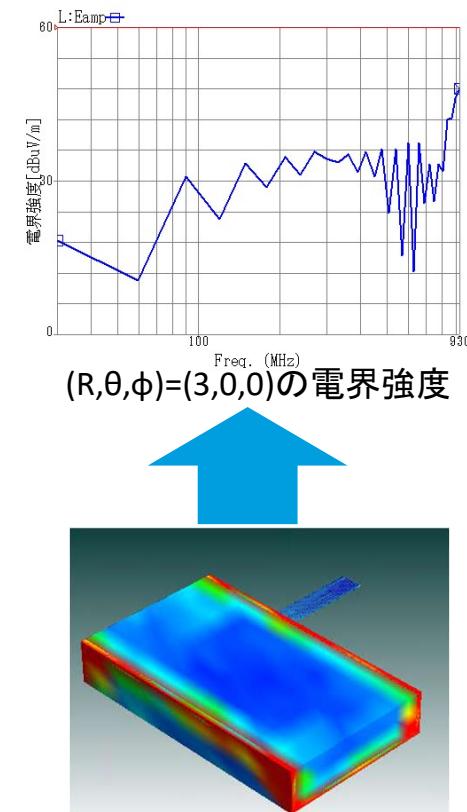
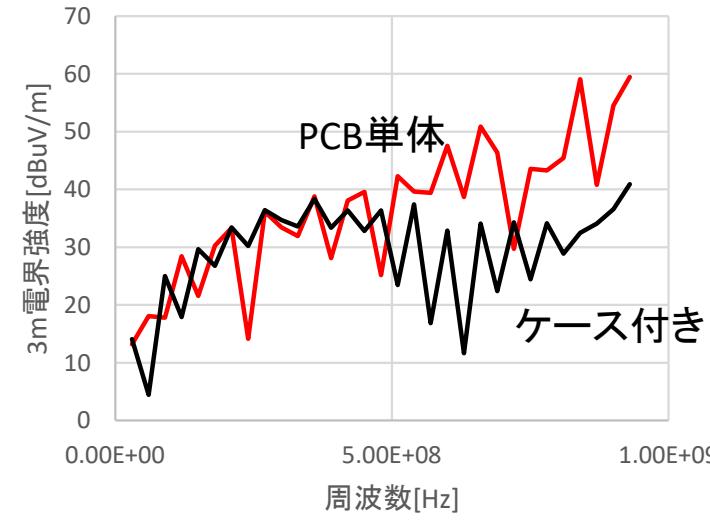
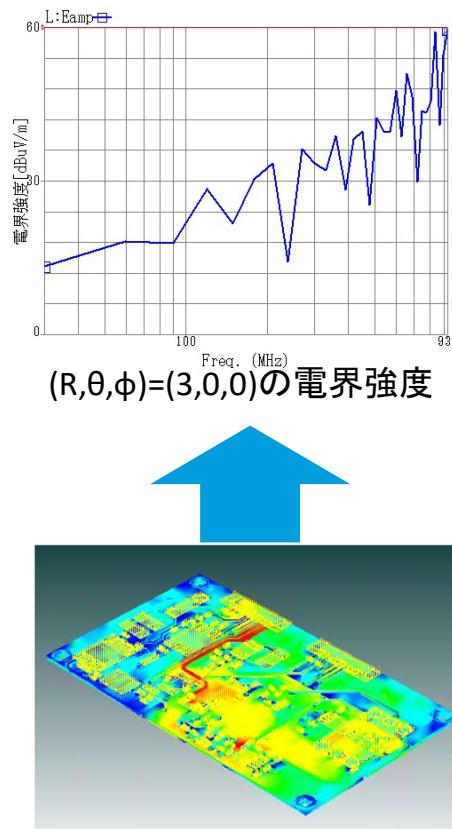
※イメージです



・Before/after で比較すると良否がわかる
・基板の作り直し/ノイズ測定の手間が軽減

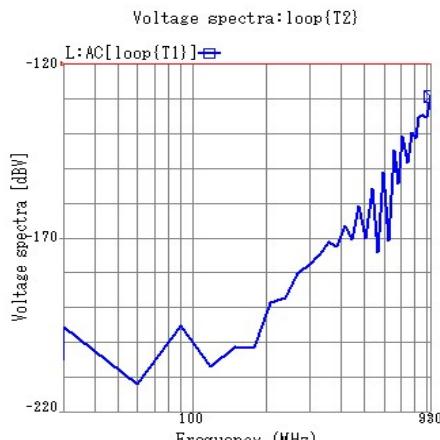
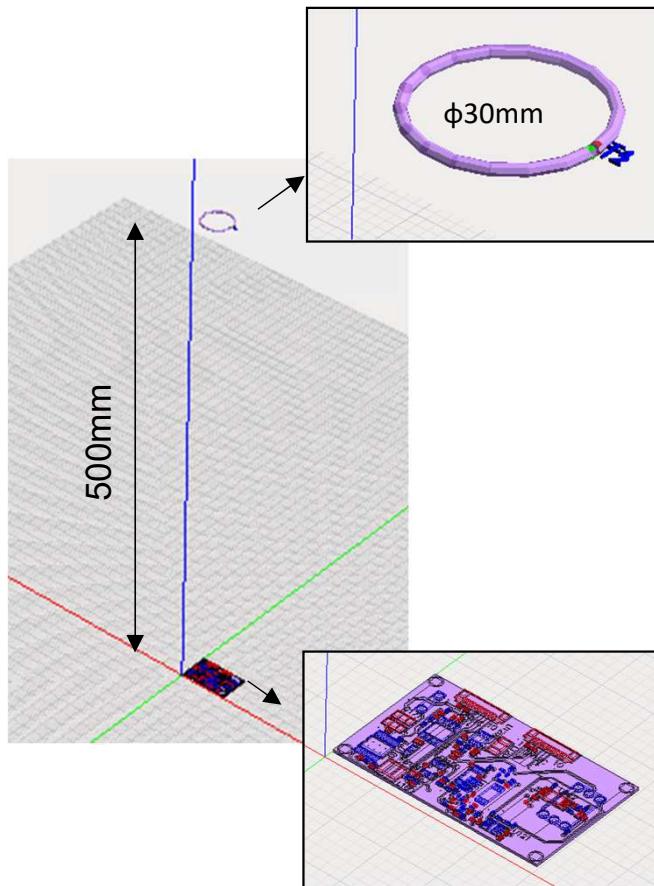
放射電界の例

放射電界の例として、基板だけからの放射とケースとワイヤを付けた場合の放射の比較を示します、
処理時間の問題から信号スペクトルだけで比較しています。
結果は図の通り、ケースを使った場合が500MHz以上の帯域で放射電界が減衰していることがわかります
エクセルなどで比較する場合は、「CSV出力」を行いCSVファイルに出力します

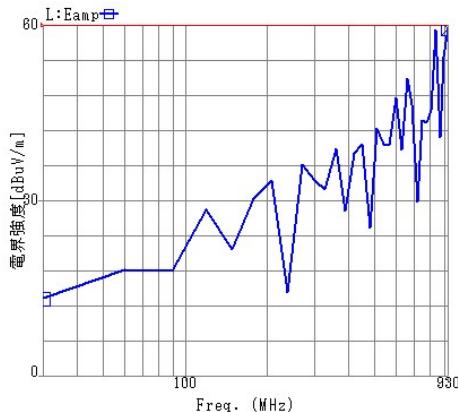


放射ノイズ簡易対策の例

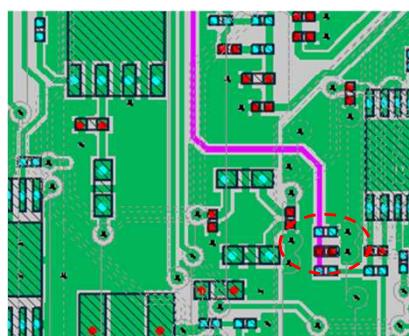
S-NAP/PCBを用いて放射ノイズ対策を行う場合、「信号解析」→「電流分布出力」→「放射解析」の3段階の処理を行う必要がありますので、素子の定数の変更やノイズ対策素子の追加を行うなどの対策を行うたびにこの3段階の処理を行うことになります、そこで、簡易的な対策効果の確認手法をご紹介します、この手法は3次元解析になりますが、基板を対策する場合3次元GEOMに基板を読み込みます、次に適当な距離にループアンテナなどを設置します、ループアンテナは全周長(1λ)が観測帯域に入らないサイズにします、例えば直径を30mmにすると3.2GHzのアンテナになりますので、観測帯域を~1GHzとすると十分外側になります、この状態で信号解析を行うと、ループアンテナに放射ノイズ成分が観測されますので、この特性が放射特性と同じ傾向であるかを確認します、ある程度同じであれば、この系が放射レベル観測の指標として使用できることになりますので、「信号解析」だけで放射レベルの増減を推定できます、最終的には「放射解析」が必要になります



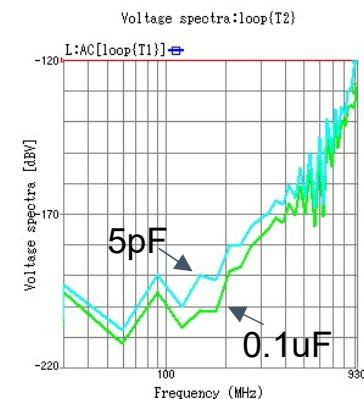
0.5m位置のループアンテナレベル



3m電界強度特性



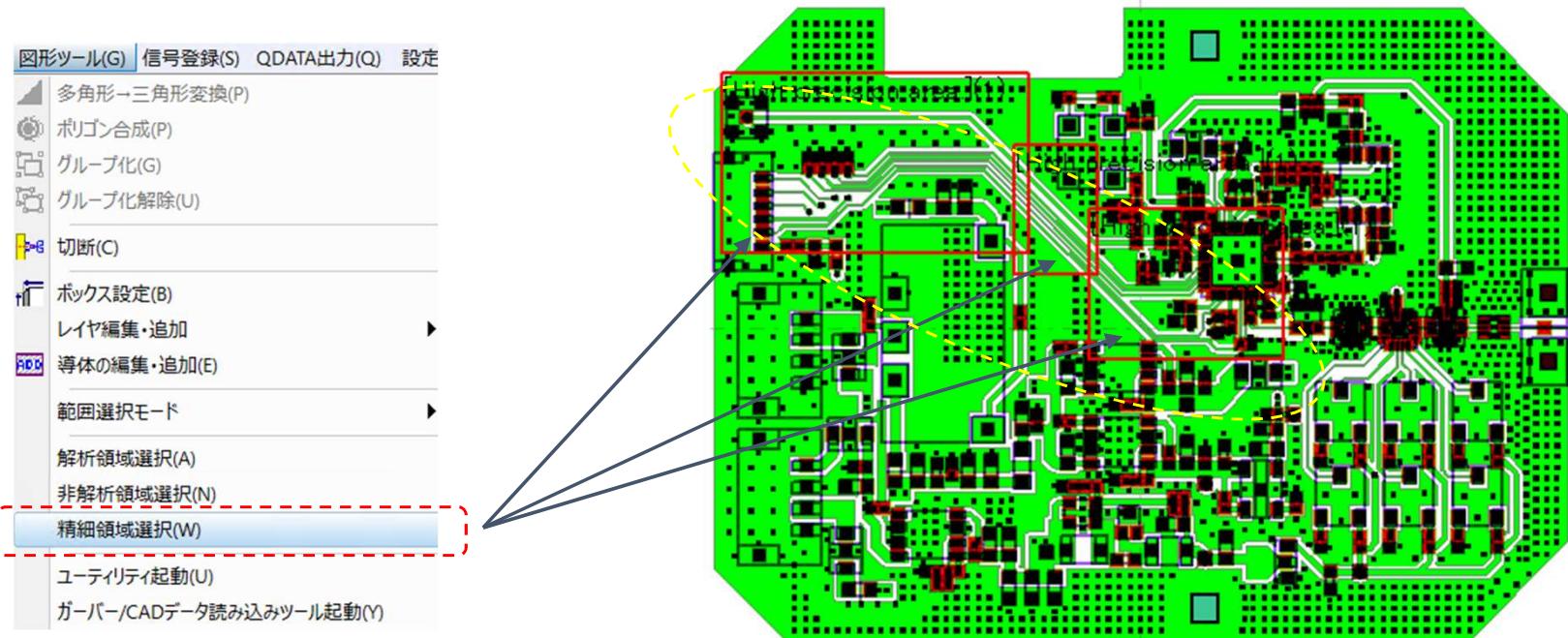
C148を5pF→0.1uFに変更すると…



アンテナのレベルが下がる

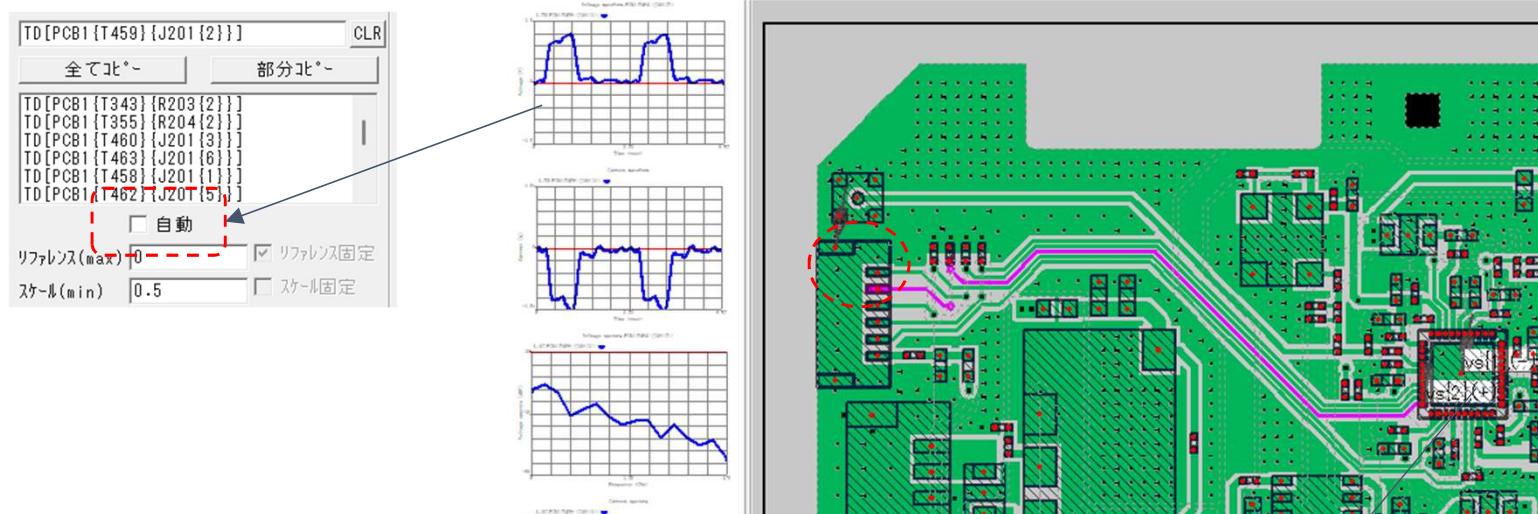
SI(Signal Integrity)解析

SI解析において信号周波数が高い場合、高域まで精度の高いQ-DATAを必要とします、最大スペクトルが5GHz程度の信号であればディフォルトの「EMC標準」設定でも大きな問題はありませんが、それを超える信号では高域の特性が劣化する可能性があります（線路長にも依存します）、このような問題を防ぐ方法として「精細領域」を設定します、特にTDR解析を行う場合はこの設定は推奨です、精細領域は図のように領域を枠で囲むとその内部は高精度に解析されます、図のように斜めの線路を囲みたい場合は、複数の精細領域枠を重ねて描けばOKです、ただし精細領域面積を広くすると、Q-DATA計算時間が長くなりますので注意が必要です

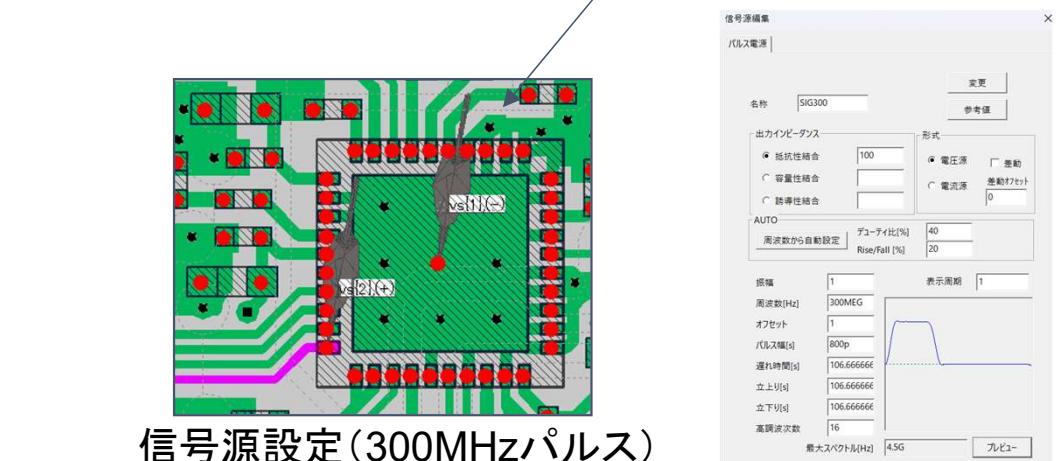
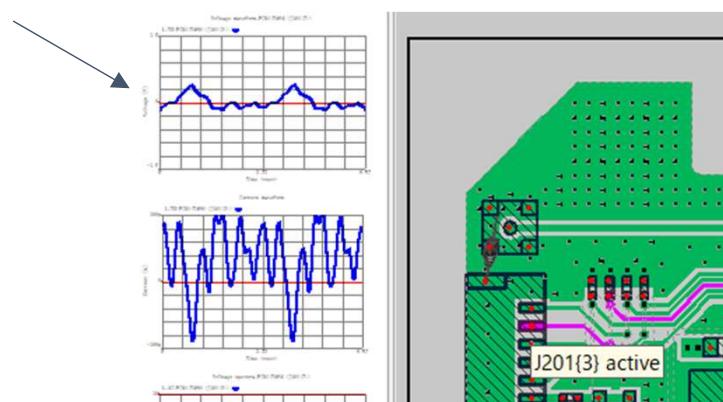


信号源設定とシミュレーション

図は300MHzのパルスをU203のP30,GND間に印加してタイムハーモニックで解析した状態です、オシロプローブで応答波形が表示できます、グラフはディフォルトがオートスケールになっていますので、スケールを固定したい場合にはグラフのポップアップメニューの「データ設定」で「自動」をOFFにしてください



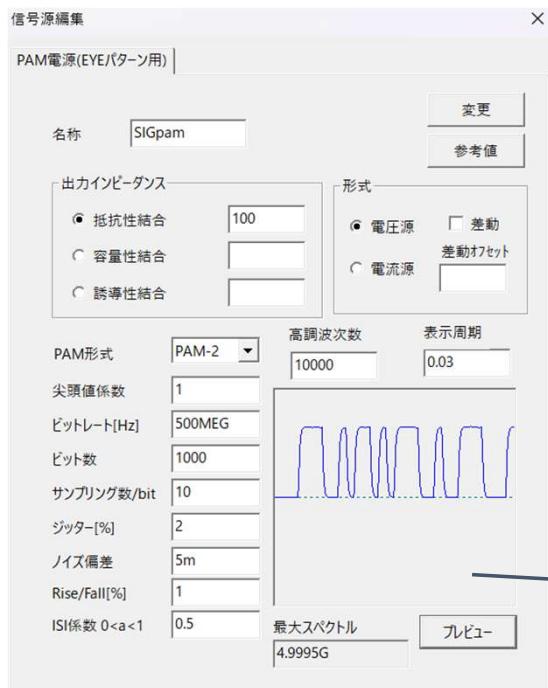
隣接端子を同じスケールで観測



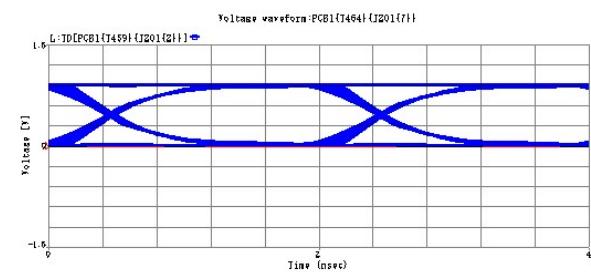
信号源設定(300MHzパルス)

アイパターンを用いる解析(1)

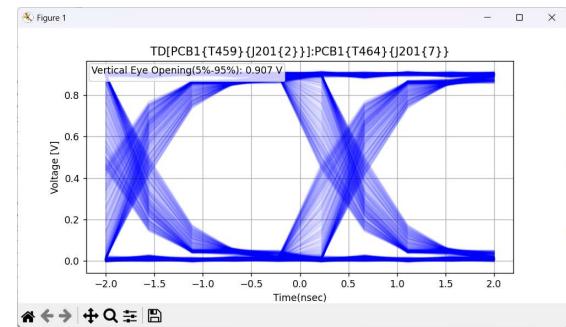
アイパターンは、信号源にランダム符号を設定して時間軸解析を行い、ビットレートの周期で切り出して重ね書きすることで得られます、ランダム符号電源は、M系列議事ランダム符号(PN符号)かPAM電源(Pulse Amplitude Modulation)を用いることで作成できますが、PAM電源の方が容易です、解析手法はトランジェントでは非常に時間がかかりますので、タイムハーモニックをお勧めです、ただし、非線形要素を含めて解析を行いたい場合は、トランジェントかハーモニックバランスを用いる必要があります、グラフ設定は、データ設定の「スイープ設定」の「トリガー有効」をONにし、スイープ時間を設定します、また外部グラフ出力でも表示可能です



500MbpsPAM信号源



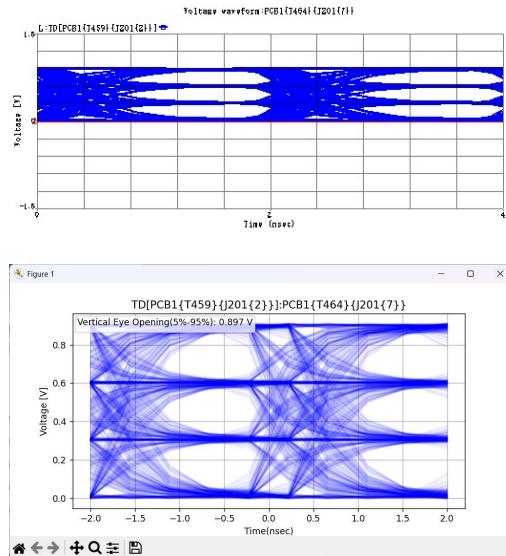
S-NAPのグラフ表示



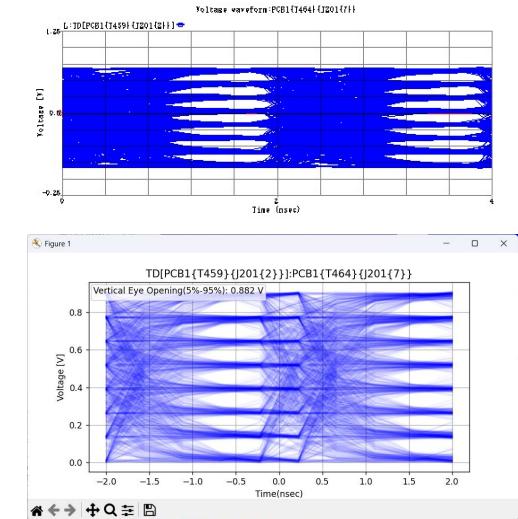
外部グラフ表示

アイパターンを用いる解析(2)

PAM電源(Pulse Amplitude Modulation)は、PAM形式を選択することで、パルスの振幅を変更可能です、図はそれぞれ500MbpsでPAM-4およびPAM-8の場合です



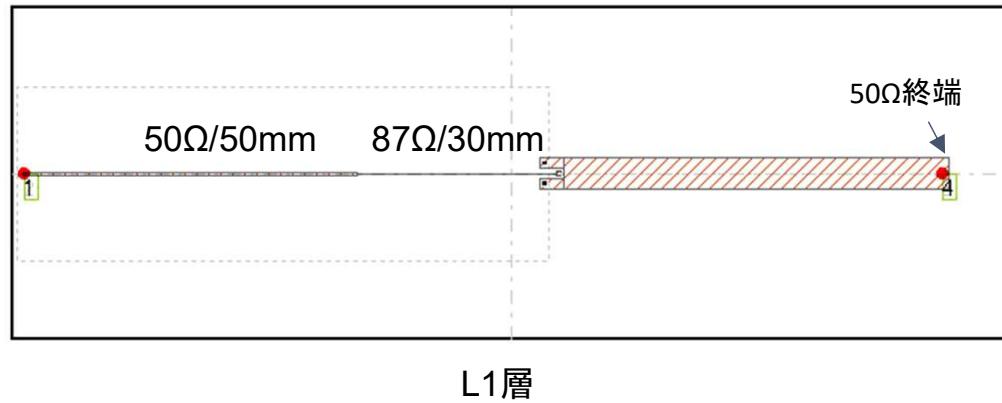
500Mbps PAM-4



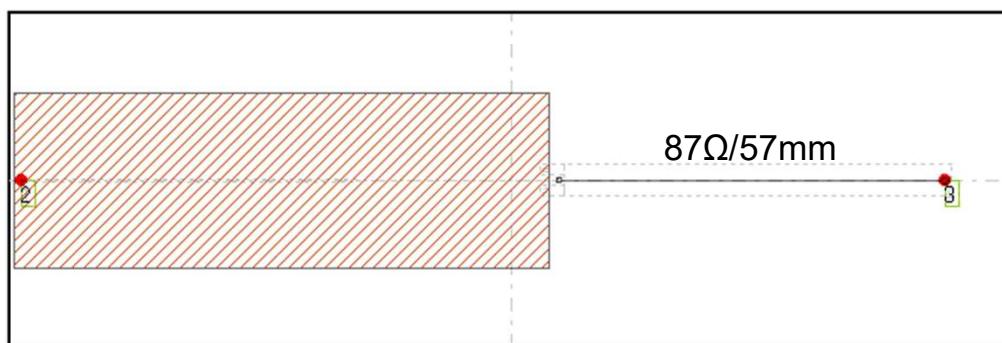
500Mbps PAM-8

TDR解析(1)

図はTDR特性の検証用のパターンです、 $50\Omega \rightarrow 87\Omega \rightarrow \text{VIA} \rightarrow 87\Omega \rightarrow 50\Omega$ とラインが並んでいます、TDR特性を調べるために、PORT1,2に右図の励振信号を設定します、この信号は、十分急峻なraise/fall特性を持ち、出力抵抗は 50Ω 、振幅0-1Vでスイングします、周波数は90MHzで1Vの時間幅はパターンを往復するのに十分な幅があります、高調波次数を512まで取ることで、46GHz程度までの帯域を有します

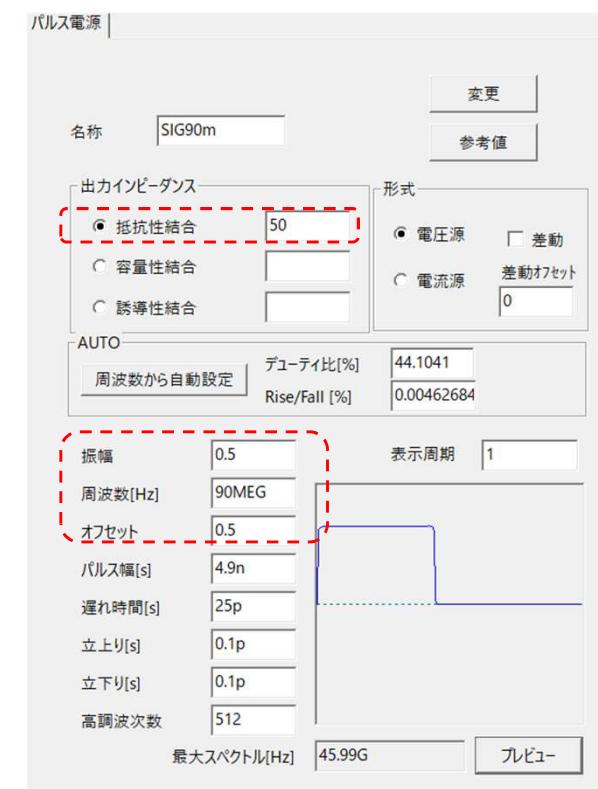


L1層



L2層

PCB: h=400u Er=4.5



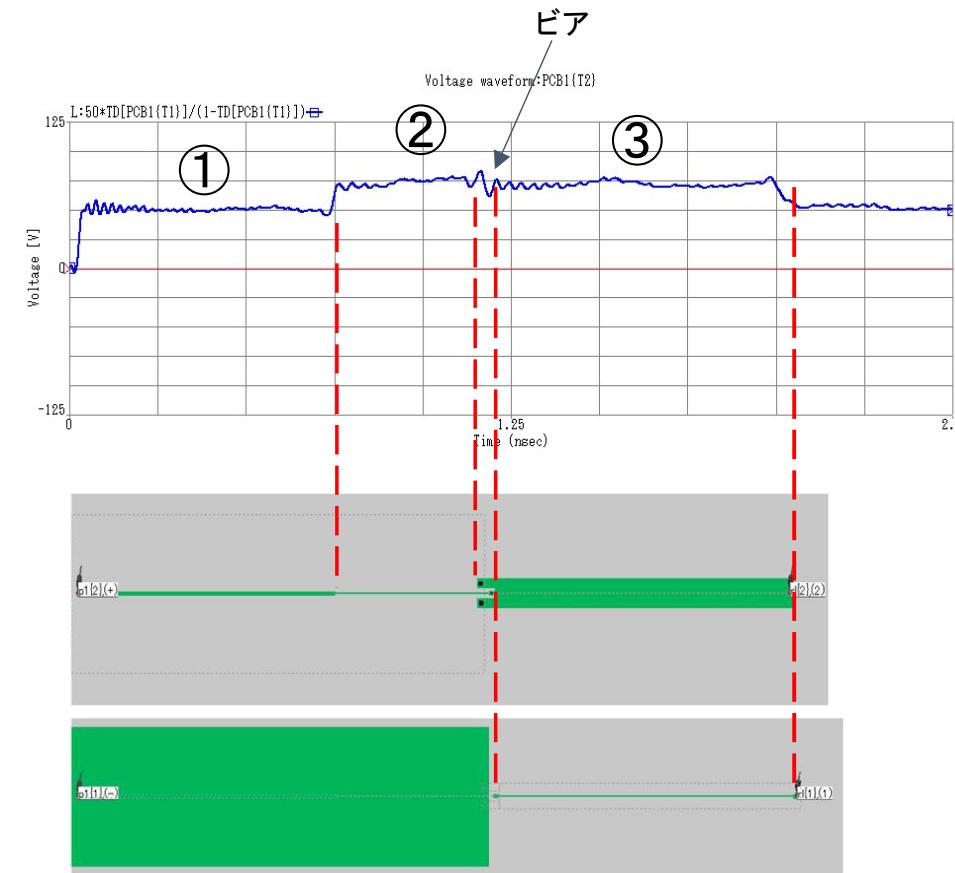
励振信号

TDR解析(2)

精細領域またはメッシュ設定を「RF標準」にし、0~50GHzまで出力します、
ベンチにてタイムハーモニックを用いて解析し、ポート1,2間の波形を観測します、グラフの表示
式は「 $50 * \text{TD}[\text{PCB1}\{\text{T1}\}] / (1 - \text{TD}[\text{PCB1}\{\text{T1}\}])$ 」と設定することで、縦軸は特性インピーダンスとな
り直読できるようになります、①は 50Ω 、②③は 75Ω 程度になっていることがわかります



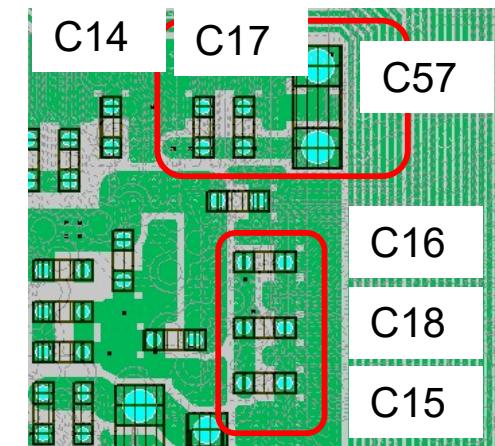
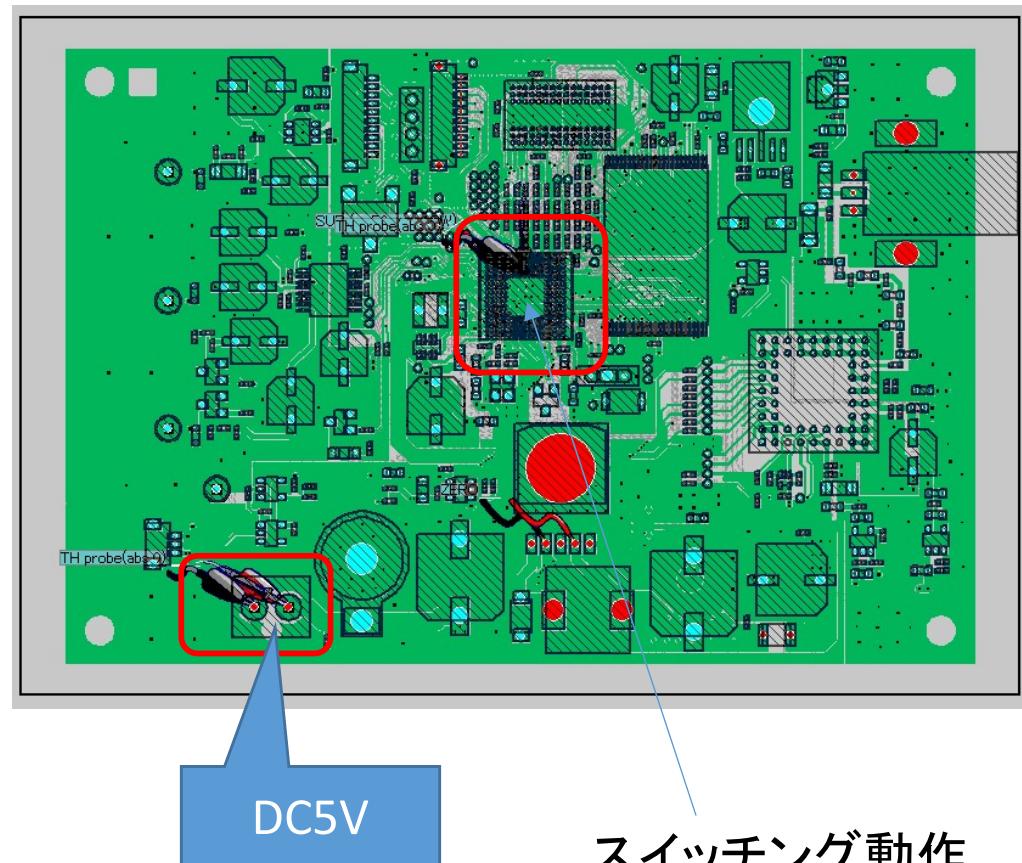
表示式設定:
 $50 * V12 / (1 - V12)$



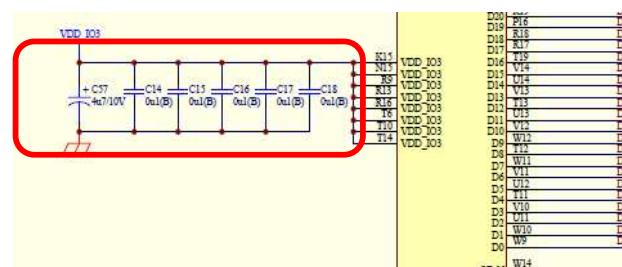
その他の解析例

ICの信号出力動作時のスイッチングノイズ

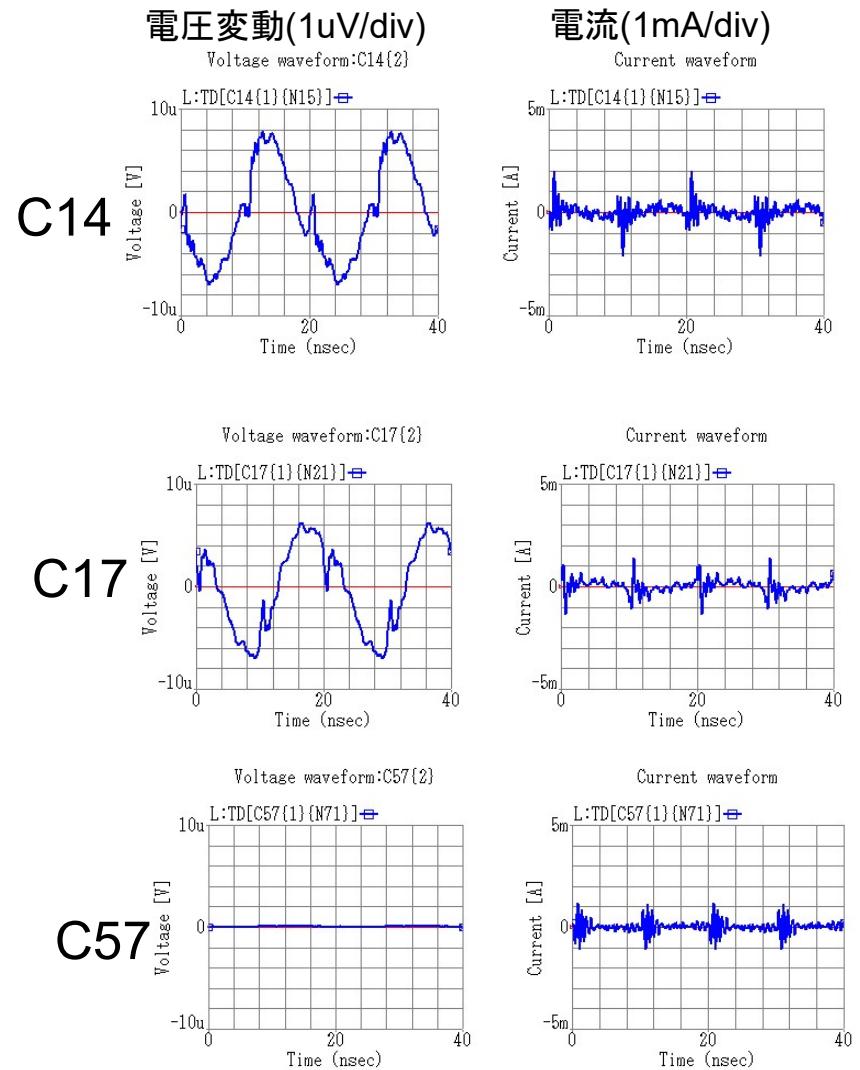
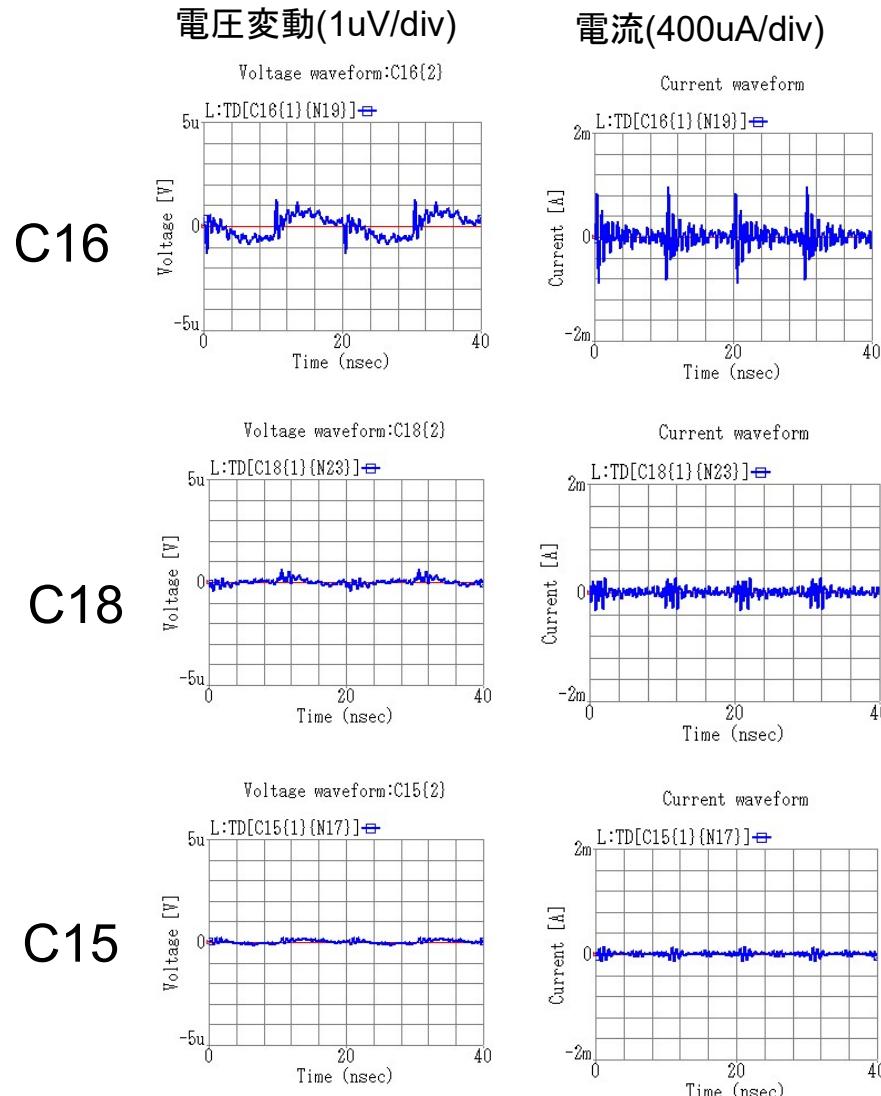
出力バッファがスイッチング動作している場合の電源電圧変動とパソコンの挙動を解析
CN1にDC5Vを印加し、CPUの電源、グランド間にスイッチングモデルを設定。



L6層に実装されたパソコン、U2のほぼ裏側

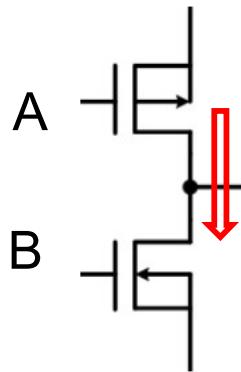


各パスコンの電圧と電流波形

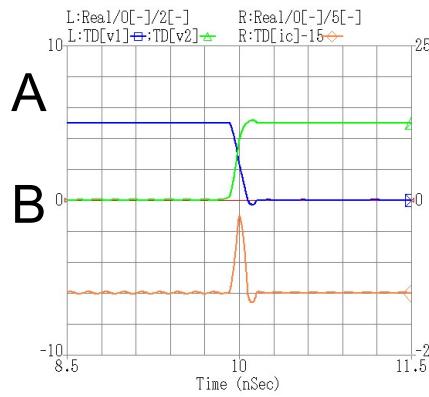


同時スイッチング時の電源電圧波形と電流波形

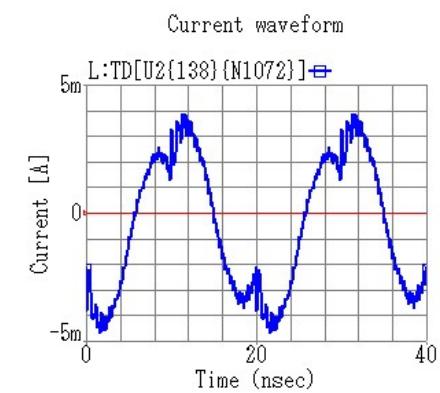
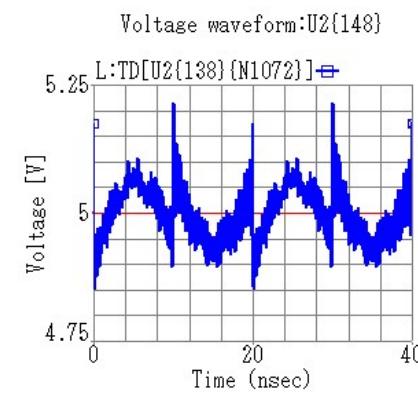
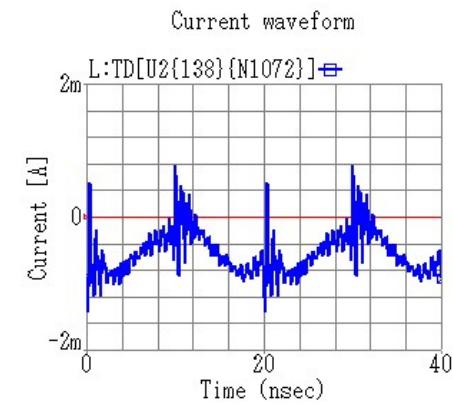
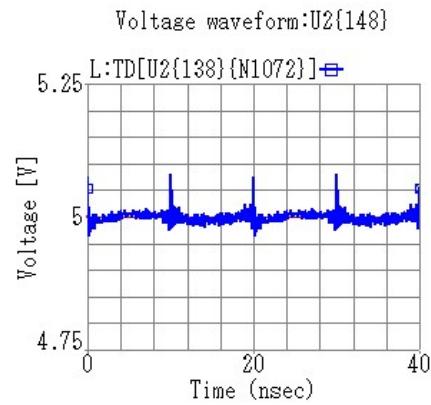
スイッチング素子に0.5度位相ずれの状態を設定し貫通電流を再現



正常な
スイッチング時

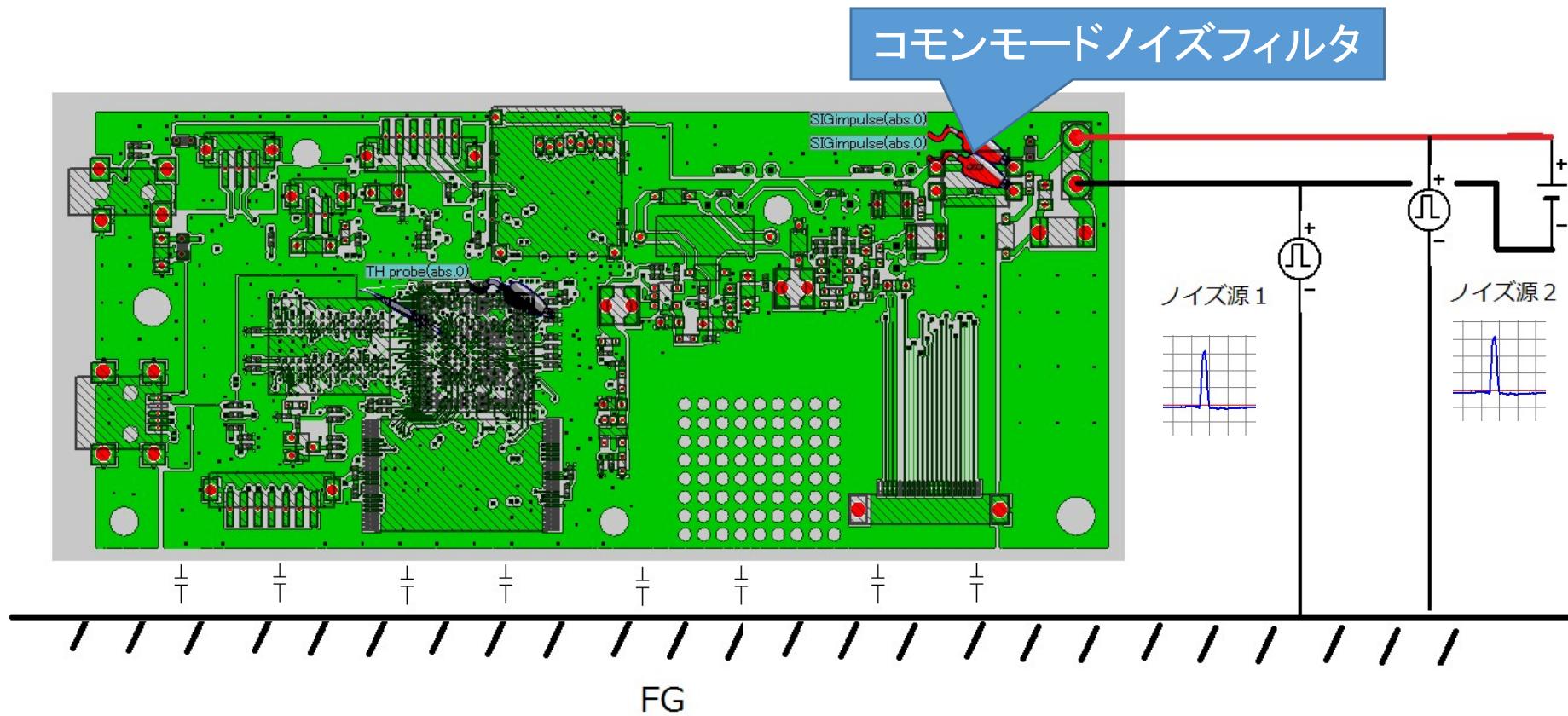


同時
スイッティング時



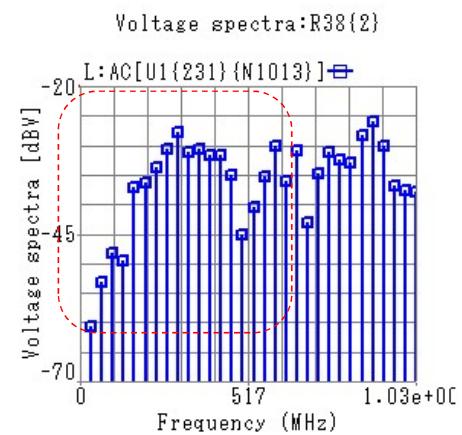
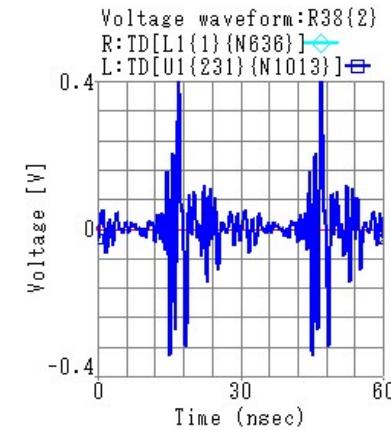
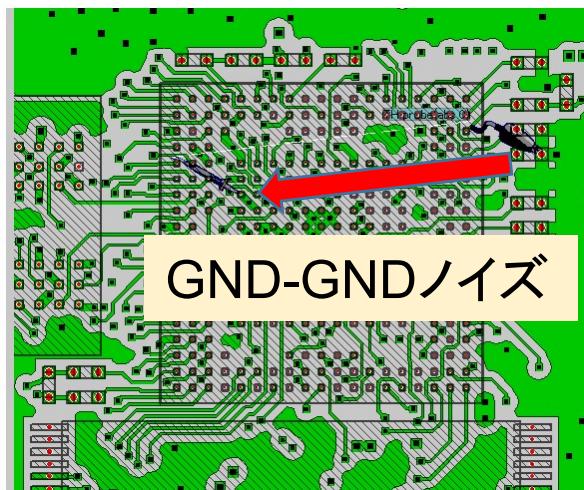
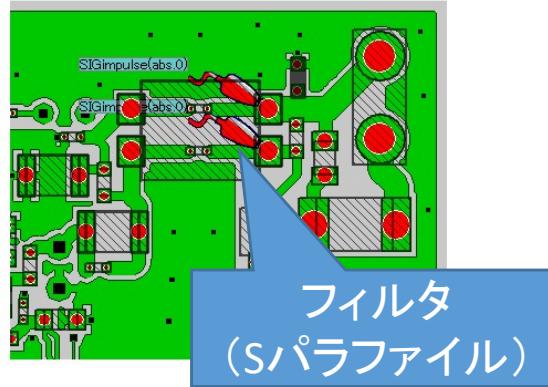
コモンモードノイズ解析(高周波系ノイズ)

- 電源端子に2つの同相のノイズを印加

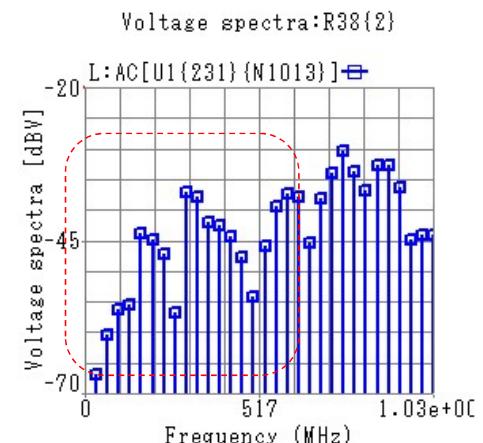
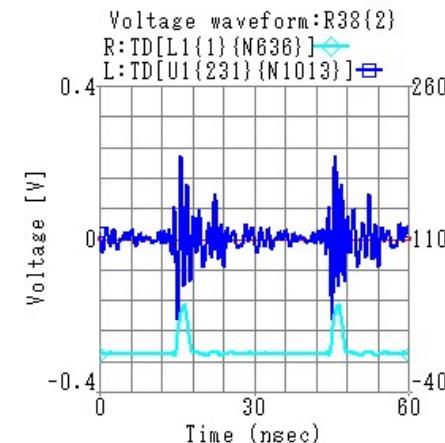


コモンモードフィルタの効果

- コモンモードフィルタの有無によるノイズ電圧の相違(例えばCPUのグランドノイズ)



フィルタなし(ショート)



フィルタあり

コモンモードフィルタの効果(フィルタ別)

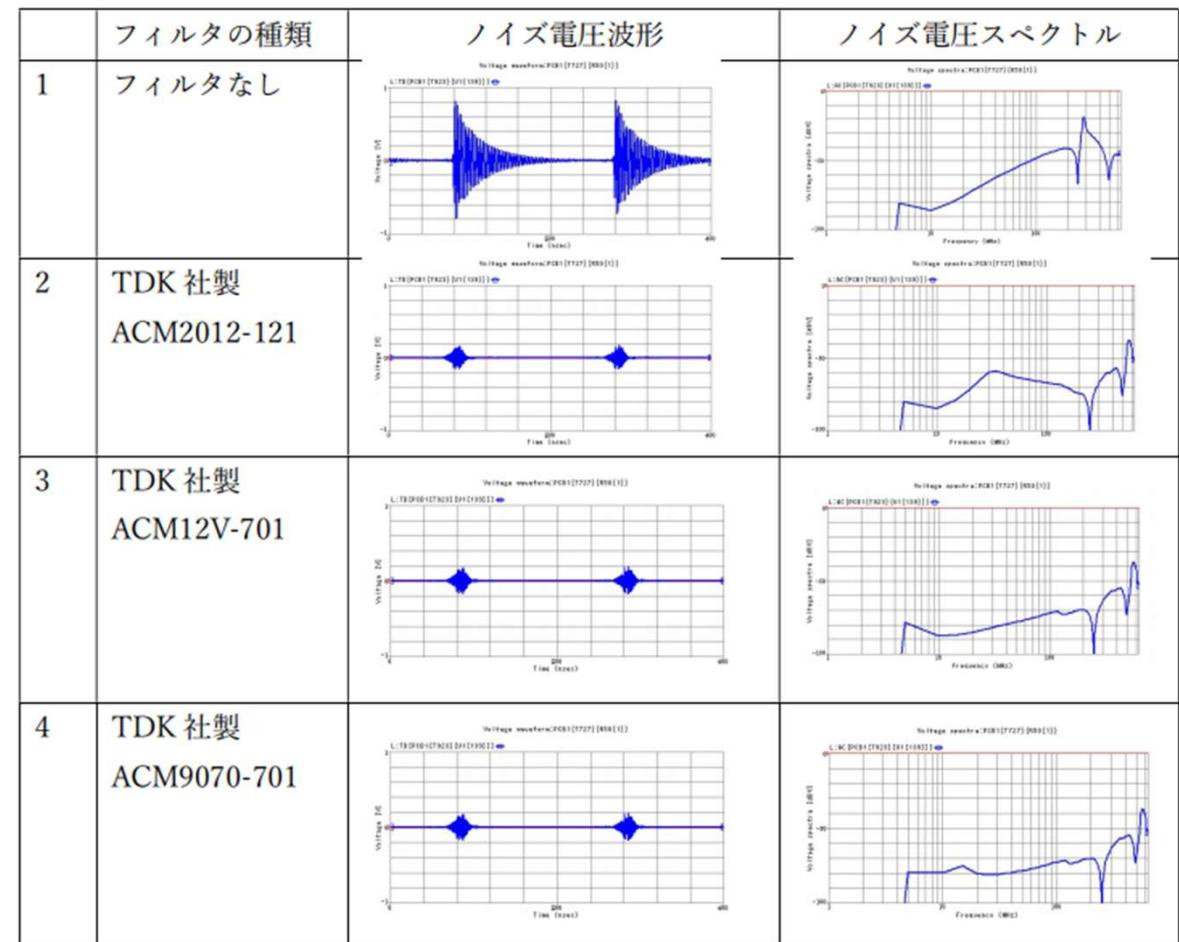
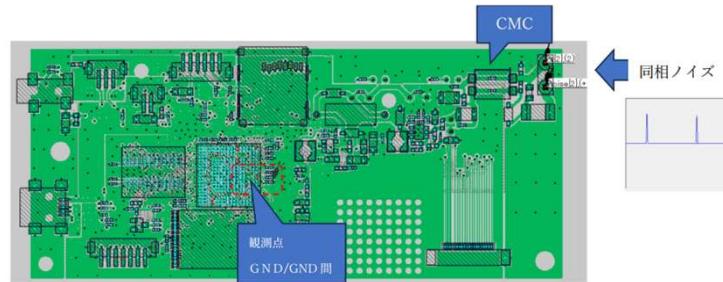
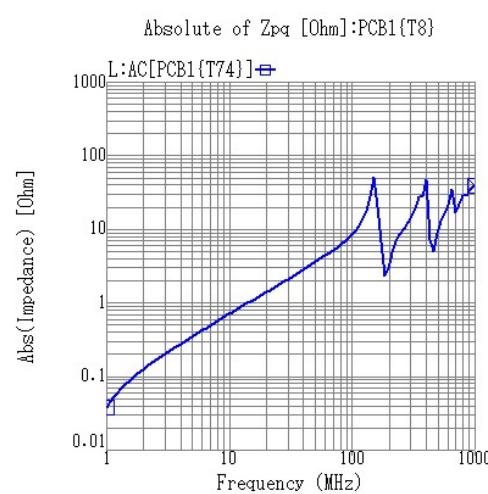
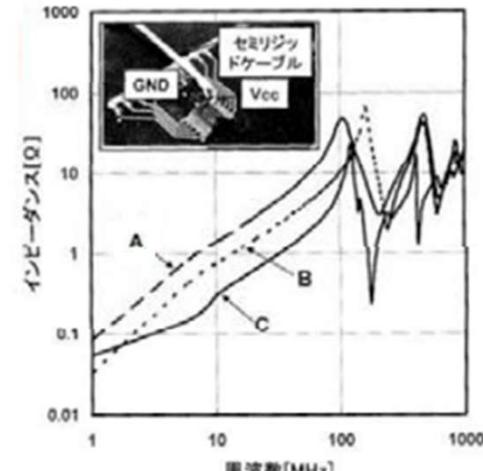
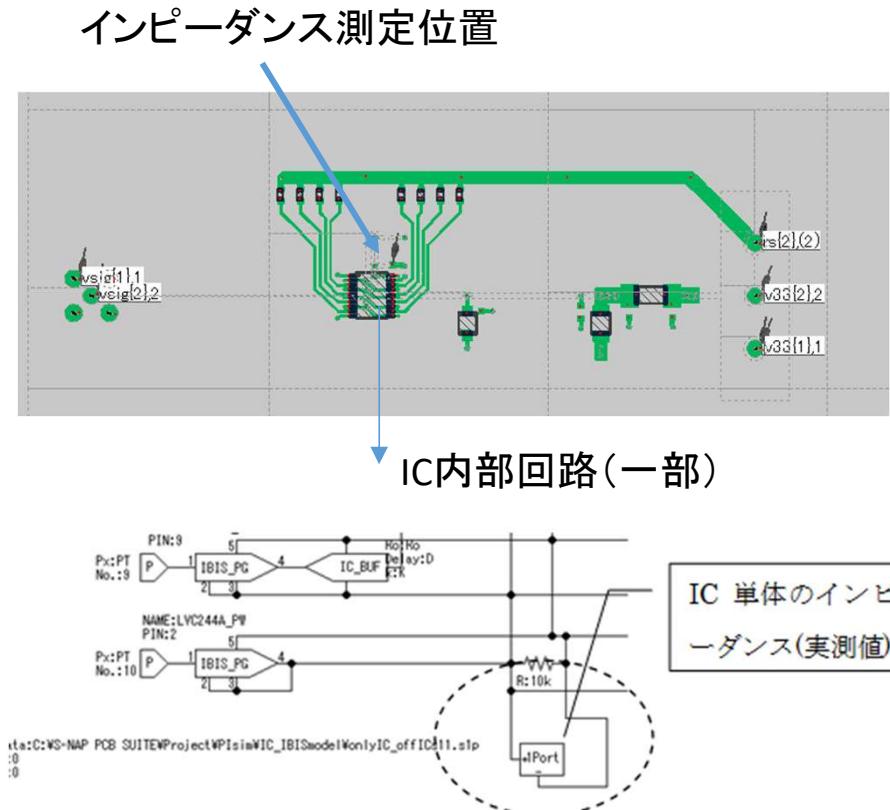


図 14 コモンモードチョークを変更した場合のノイズ抑圧特性の違い

電源インピーダンスの実測比較



シミュレーション(B)

電源変動の実測比較

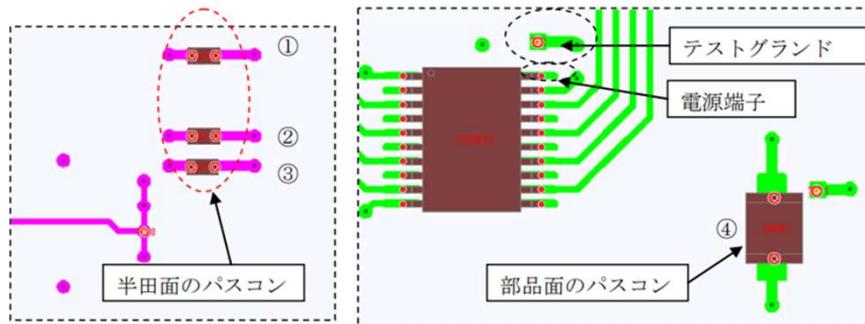
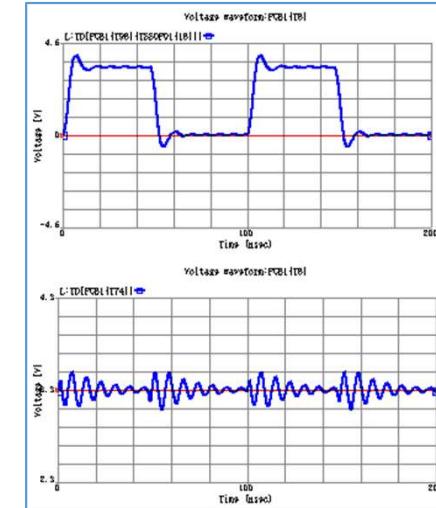
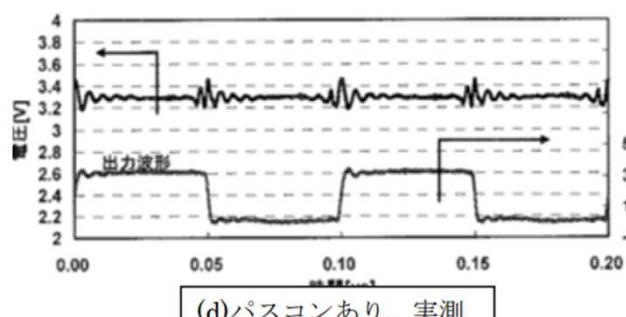
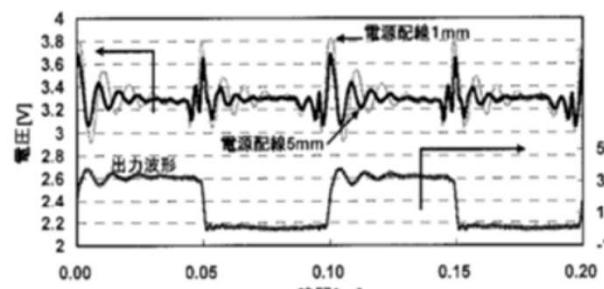
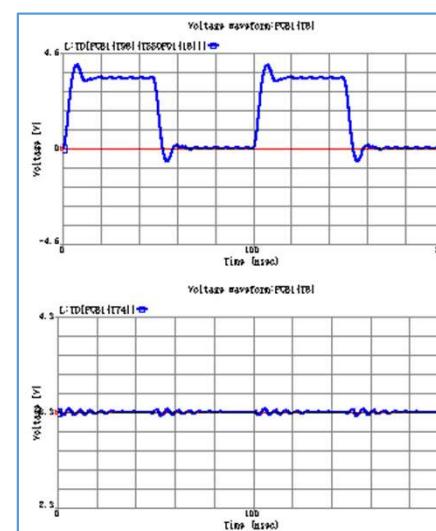


図 21 パスコンおよびテストグランド、電源端子の位置

実測

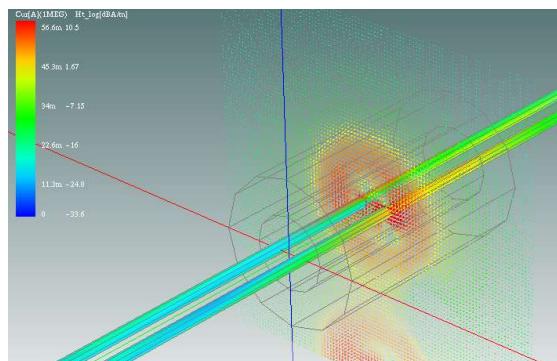
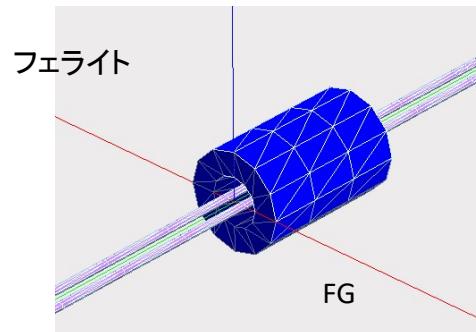


パスコンなし

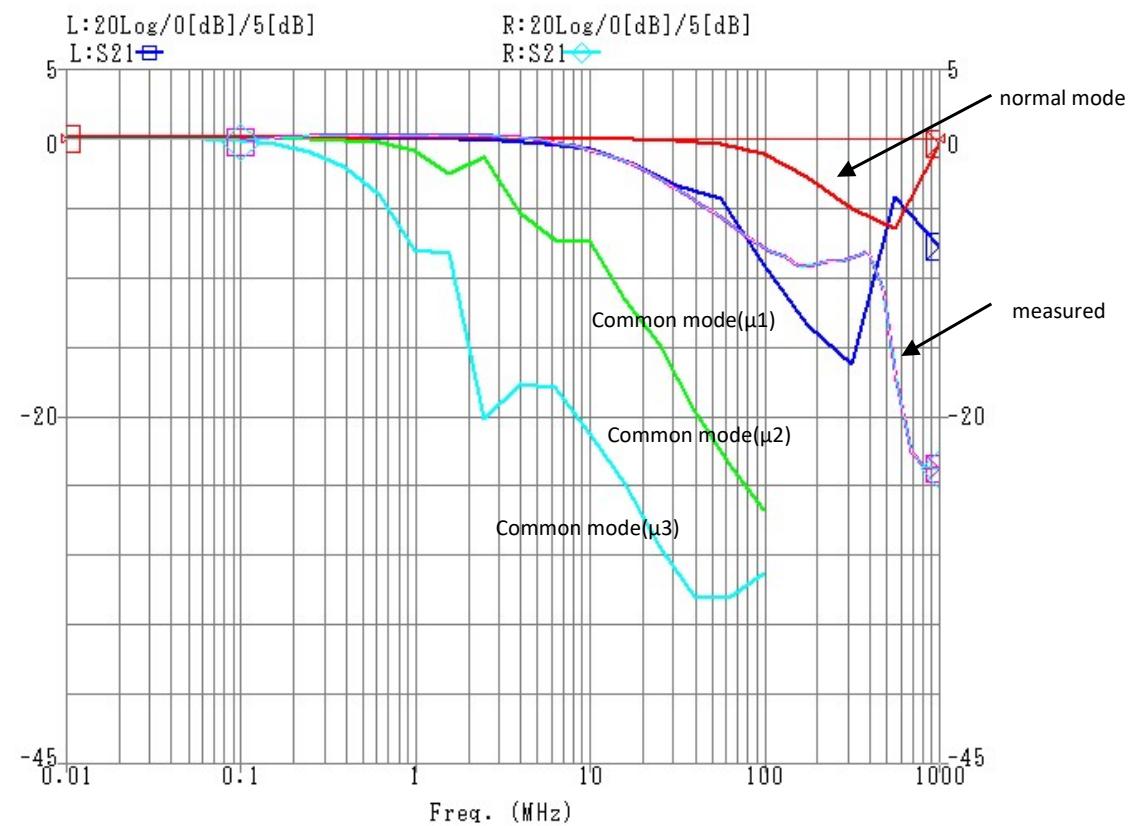


パスコンあり

クランプフィルタ単体特性の解析



磁界分布 @1MHz



透磁率の違いによるコモンモード抑圧特性の相違
解析時間: 7.6秒/周波数

W/S (参考)

- ・並列計算のため、コア数が多いほど良い
- ・メモリは小さい基板でも32GB以上は必要、3Dでは512GB以上を推奨

(例)

プロセッサ	Intel(R) Xeon(R) w7-2495X 2.50 GHz
実装 RAM	512 GB (512 GB 使用可能)